

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Stanovení vlivu použitého typu vláken na základní
fyzikálně-mechanické vlastnosti alkalicky aktivovaných systémů

Determination of the effect of selected fiber type on the basic
physical-mechanical properties of the alkali-activated systems

Student:

Lukáš Procházka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Boháčová

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Procházka**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb
Téma: **Stanovení vlivu použitého typu vláken na základní fyzikálně-mechanické vlastnosti alkalicky aktivovaných systémů**
Determination of the effect of selected fiber type on the basic physical-mechanical properties of the alkali-activated systems

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce je stanovení vlivu použitého typu vláken na základní fyzikálně-mechanické vlastnosti (pevnosti v tahu ohybem a tlaku, objemové hmotnosti, aj.) alkalicky aktivovaných systémů na bázi vysokopecní jemně mleté granulované strusky.

Seznam doporučené odborné literatury:

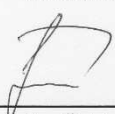
DAVIDOVITS, J. *Geopolymer: chemistry and applications*. 3rd ed. Saint-Quentin: Institut Géopolymère, 610p. 2011, ISBN 978-295-1482-050.
SHI C., KRIVENKO, P. V., ROY, D. *Alkali-activated cements and concretes*. Taylor&Francis, Oxford, 2006.
PUERTAS, F., GIL-MAROTO, A., PALACIOS, M., AMAT., T. Alkali-activated slag mortars reinforced with ar glassfibre. Performance and properties. *Materiales de Construcción*. No. 56, pp. 79-90, 2006, ISSN 0465-2746.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

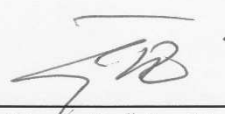
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Boháčová**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 02.05.2016


Ing. Libor Židek
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 2. 5. 2016

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 2. 5. 2016

Anotace

Procházka, L. *Stanovení vlivu použitého typu vláken na základní fyzikálně-mechanické vlastnosti alkalicky aktivovaných systémů*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb.

V současné době jsou ve stavebnictví používány materiály, které do značné míry zatěžují životní prostředí. Náhradou těchto materiálů by mohly být suroviny na bázi alkalické aktivace. Při této aktivaci se využívají především sekundární produkty hutnického a energetického průmyslu. Jde o materiály, které odpovídají rozhraní mezi hydraulickými anorganickými pojivy, skelnými a keramickými materiály. Tyto materiály dosahují oproti nynějším pojivům vyšších hodnot pevností a vyznačují se také vyšší odolností. Rozšíření materiálů do praxe brání především proměnlivost jejich konečných vlastností a používání agresivních chemických látek.

Vláknobeton je zvláštní druh betonu, do kterého se při výrobě přidává vhodný typ vláken. Tím lze dosáhnout zlepšení požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Při navrhování speciálního betonu je pro dosažení nejlepších vlastností betonové směsi nutné zvolit vhodný typ vláken a určit přesné dávkování.

Cílem práce bylo ověření vlivu použitého typu vláken na základní mechanicko-fyzikální vlastnosti připravených směsí a jejich porovnání se směsí referenční. Ověřeny byly zejména pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku a dále byly stanoveny objemové hmotnosti, průhyby a dynamický modul pružnosti.

Klíčová slova: alkalicky aktivovaný materiál, vlákna, vysokopecní granulovaná jemně mletá struska, beton.

Abstrakt

Procházka, L. *Determination of the effect of selected fiber type on the basic physical-mechanical properties of the alkali-activated systems*. Ostrava, 2016. Bachelor Project. Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Diagnostics of Structures.

Currently we can find many materials throughout the civil engineering which more or less act as environmentally unfriendly elements. As a substitute, materials based on alkali activation can be applied. During the process of activation, secondary products of metallurgical and power industries are used. These materials are on the boundary between hydraulic and inorganic cements, glass and ceramic materials. In comparison with currently used cements, these materials reach better strength and resistance properties. The expansion to the wider market is hampered by the instability of final properties of the materials and usage of aggressive chemical substances.

Fiber concrete is a specific kind of concrete which is enriched by suitable type of fibers during its manufacturing process. Due to this fact, better physical and mechanical properties are achieved according to the requirements. To achieve the best quality of the concrete it is necessary to choose the most suitable type of fibers and determine their exact dosage.

The aim of the work was to verify the influence of fiber type on basic mechanical and physical properties of prepared mixtures and their comparison with the reference mixture. Flexural strength and compressive strength were determined, bulk density, deflections and dynamic module of elasticity were defined.

Key words: alkali activated material, fibers, granulated finely ground blast furnace slag, concrete.

Obsah

Seznam použitého značení:	9
1. Úvod	10
2. Alkalicky aktivované systémy	11
2.1. Chemická podstata alkalické aktivace	11
2.2 Alkalicky aktivované systémy a ekologie	13
3. Vláknobeton	14
3.1 Definice vláknobetonu	14
3.2 Materiály vláken	14
3.2.1 Ocelové drátky	14
3.2.2 Skleněná vlákna	16
3.2.3 Polypropylenová vlákna	18
3.2.4 Polyvinylalkoholová vlákna	19
4. Použité suroviny	21
4.1 Vysokopecní granulovaná struska	21
4.2 Normalizovaný písek	22
4.3 Záměsová voda	22
4.4 Aktivátory	22
4.4.1 Sodné vodní sklo	22
4.4.2 Metakřemičitan disodný bezvodý	23
4.5 Vlákná	23
4.5.1 Anti-Crak HP – 12 mm	23
4.5.2 MasterFiber 400, Masterfiber 401	24
5. Pracovní postupy	24
5.1 Příprava směsí	24
5.2 Příprava zkušebních těles	25
5.3 Ošetření zkušebních těles	25
5.4 Pevnost v tahu za ohybu	25
5.5 Pevnost v tlaku	26
5.6 Dynamický model pružnosti – ultrazvukovou impulzovou metodou	27
5.7 Pevnost v tahu za ohybu čtyřbodovým ohybem	27
5.8 Stanovení průhybu těles	28
6. Experimentální část	29
6.1 Směsi připravené s NaVS	29
6.1.1 Referenční směs NaVS	29

6.1.2 Anti-Crak HP – 12mm - NaVS	31
6.1.3 MasterFiber 401 - NaVS	33
6.1.4 MasterFiber 400 - NaVS	35
6.1.5 Vyhodnocení směsí s NaVS.....	37
6.2 Směsi připravené s MKS	39
6.2.1 Referenční směs MKS	39
6.2.2 Anti-Crak HP – 12mm - MKS	41
6.2.3 MasterFiber 401 - MKS	43
6.2.4 MasterFiber 400 - MKS	45
6.2.5 Vyhodnocení směsí s MKS.....	47
6.3 Stanovení objemové hmotnosti a dynamického modulu pružnosti	49
6.3.1 Tělesa připravená s NaVS.....	49
6.3.2 Tělesa připravená s MKS.....	50
6.3.3 Vyhodnocení	51
6.4 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a průhybu	52
6.4.1 Vyhodnocení pevnosti v tahu za ohybu	53
6.4.2 Vyhodnocení průhybu.....	53
6.5 Snímky ze stereoskopického mikroskopu	57
6.5.1 Vlákní Anti-Crak HP - MKS	57
6.5.2 Vlákní MasterFiber 401 - MKS	58
7. Závěr.....	59
8. Poděkování	61
9. Použitá literatura	62
10. Seznam obrázků:	64
11. Seznam tabulek:	65
12. Seznam příloh.....	66

Seznam použitého značení:

$a \times c$	Plocha, na kterou působí zatížení při zkoušce pevnosti v tlaku v mm^2
AC-HP	Vlákna Anti-Crak HP 12mm a směsi s nimi připravené
b	Délka boční strany tělesa pro zkoušku v tahu za ohybu v mm
$d_1; d_2$	Rozměry příčného řezu tělesa v mm
E_{cu}	Dynamický modul pružnosti v tlaku v GPa
F	Maximální zatížení v N
F_c	Zatížení při porušení pro zkoušku v tlaku v kN
f_{cf}	Pevnost v tahu ohybem v MPa
F_f	Lomové zatížení pro zkoušku tahu za ohybu v kN
l	Vzdálenost podpor u zkoušky v tahu za ohybu v mm
MF400	Vlákna MasterFiber400 a směsi s nimi připravené
MF401	Vlákna MasterFiber401 a směsi s nimi připravené
MKS	Metakřemičitan disodný bezvodý a směsi s ním připravené
NaVS	Sodné vodní sklo a směsi s ním připravené
R_c	Pevnost v tlaku v MPa
REF	Referenční směs
R_f	Pevnost v tahu za ohybu v MPa
VHPC	Very High Performance Concrete
VGS	Vysokopecní granulovaná struska

1. Úvod

Ve stavebnictví jsou aktuálně používány materiály, které do značné míry zatěžují životní prostředí, a to jak těžbou přírodních zdrojů, tak i energetickou náročností jejich zpracování. Parciální alternativou těchto hmot by mohly být kompozity připravené na bázi alkalické aktivace, při níž se využívají především sekundární produkty hutnického a energetického průmyslu.

Vznikají materiály, které odpovídají rozhraní mezi hydraulickými anorganickými pojivy, skelnými a keramickými materiály. Tyto materiály dosahují oproti nynějším pojivům vyšších pevností a vyznačují se také vyšší odolností. Rozšíření materiálů do praxe brání především proměnlivost jejich vlastností a používání agresivních chemických látek.

Vláknobeton je zvláštní druh betonu, do kterého se při výrobě přidává vhodný typ vláken. Tím lze dosáhnout optimalizace požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností.

Je důležité, aby vlákna byla rozmíchána v celém objemu směsi a nedošlo ke shlukování vláken v jednom místě. Při navrhování speciálního betonu je nutné zvolit vhodný typ vláken a určit přesné dávkování, abychom dosáhli nejlepších vlastností betonové směsi.

Cílem práce je stanovení základních mechanicko-fyzikálních vlastností alkalicky aktivovaného materiálu na bázi vysokopecní jemně mleté granulované strusky vyztužené vybranými typy vláken.

V praktické části budou připraveny vzorky na bázi alkalicky aktivovaných materiálů, kde jako základ pojiva bude použita vysokopecní jemně mletá granulovaná struska. Jako aktivátory budou použity sodné vodní sklo a metakřemičitan disodný bezvodý. Do základní směsi budou přidávána vybraná skleněná a polyvinylalkoholová vlákna, jež by měla u připravených těles pozitivním způsobem ovlivnit zejména pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku.

V další části praktické části bude na deskových tělesech u vybraných receptur stanoven dynamický modul pružnosti. Pro možnosti srovnání bude v této části práce uplatněno dávkování doporučené výrobcem pro přípravu VHPC betonů. Na připravených deskových tělesech bude rovněž zjišťován maximální průhyb při čtyřbodovém namáhání ohybem.

2. Alkalicky aktivované systémy

V současné době se začíná především ve výzkumné sféře prosazovat použití alternativních pojiv a kompozitních materiálů různého složení, především pak bez obsahu portlandského cementu. Tyto materiály rozšiřují nabídku maltovin a betonů a vedou k šetření přírodních zdrojů a k využívání druhotných surovin z metalurgického a energetického průmyslu a zároveň se vyznačují dobrými užitnými vlastnostmi. Tyto druhotné suroviny (zejména popílký) bývají často zbytečně ukládány na skládky, přitom mohou být levnější náhradou přírodních materiálů, jelikož by se daly využít ve stavebním průmyslu a při úpravách krajinného rázu.

Efektivnímu využití těchto materiálů brání především nedostatečná informovanost odborné veřejnosti, dále nedůvěra v dosud nepříliš často aplikované materiály ve stavební praxi a rovněž vysoká variabilita vlastností konečných produktů v závislosti na vlastnostech vstupních surovin, podmínkách prostředí vzniku a podmínkách uložení těles. [2, 3]

2.1. Chemická podstata alkalické aktivace

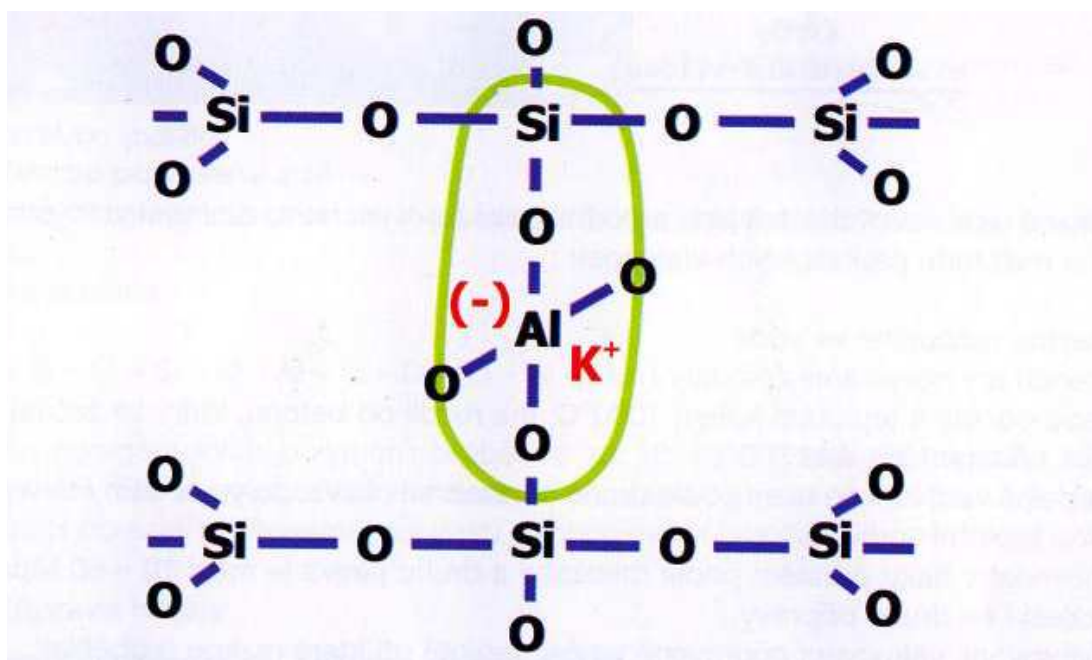
Alkalicky aktivované materiály vznikají alkalickou aktivací aluminium-silikátových látek. Jedná se o materiály, které svou strukturou odpovídají rozhraní mezi hydraulickými anorganickými pojivy, skelnými a keramickými materiály. Materiály používané pro alkalickou aktivaci jsou především druhotné suroviny, například elektrárenské popílký a vysokopecní strusky, dále přírodní materiály (tufy, pemzy) a dále upravené jílové minerály (metakaoliny). [17, 28]

Výsledné produkty alkalické aktivace se liší v závislosti na použitých vstupních surovinách.

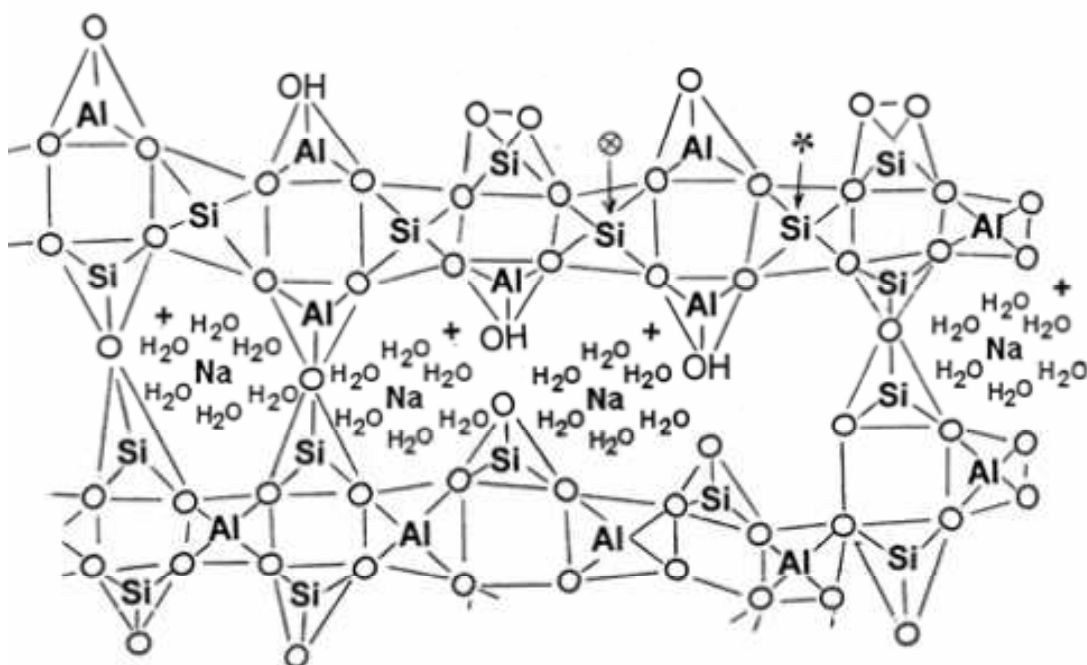
Pokud jsou alkalicky aktivovány hmoty s vysokým obsahem CaO (vysokopecní strusky) jsou produkty hydratace podobné produktům hydratace portlandského cementu, vznikají tedy CSH gely. [26]

U hmot, jež vznikaly alkalickou aktivací materiálů s nízkým obsahem CaO, se předpokládají jiné produkty hydratace, a to zeolitické fáze typu $(\text{Na}, \text{K}_n\{-(\text{Si-O})_z-\text{Al-O}\}_n \cdot w\text{H}_2\text{O})$, tvořené křemíkovými a hliníkovými tetra a oktaedry, jež vzájemným řetězením vytvářejí tzv. sialáty $[-\text{Si-O-Al-O-}]$, sialáty siloxo $[-\text{Si-O-Al-O-Si-O-}]$ a sialáty disiloxo $[-\text{Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-}]$. [26, 28]

Vlivem variability složení použitých surovin se předpokládá ve vytvořeném kompozitu několik různých typů konečných produktů. (Obr. 1, 2). [17]



Obr. 1 Chemická vazba geopolymery [17]



Obr. 2 Struktura geopolymery [27]

Vzniklé materiály se vyznačují krystalickou, semikrystalickou i amorfni strukturou, ve které se vyskytuje jen minimum krystalických látek. Jedná se o materiály, které jsou nerozpustné ve vodě. Vyznačují se nehořlavostí a při požáru neuvolňují nebezpečné zplodiny. Jsou schopny odolávat teplotě kolem 1000 °C. Tepelná vodivost těchto materiálů je ovlivněna především druhem a množstvím plniva, samotný polymer se vyznačuje nízkou tepelnou vodivostí. Taktéž pevnost v prostém tlaku je ovlivněna množstvím a druhem plniva. [17]

Tyto anorganické látky jsou utvořeny ze soustavy sol-gel, která je založena na přípravě koloidní suspenze (solu), která je následně převedena na viskozni gel a vzniká pevný materiál. U těchto reakcí je jedním z prekursorů reakce voda, která při procesu solidifikace postupně odchází. Důsledkem toho se materiál vyznačuje otevřenou pórovitostí, velikost pórů 20 - 25 nm v rozsahu 6 - 15 %. [16, 17]

2.2 Alkalicky aktivované systémy a ekologie

Pro přípravu alkalicky aktivovaných hmot na bázi jílových materiálů je žádoucí jejich předchozí kalcinace na 600 – 900 °C, kdy dochází k rozpadu struktury původního minerálu. Tato úprava je potřebná k tomu, aby tyto materiály mohly být následně ve vhodném prostředí alkalicky aktivovány. I přes tepelnou úpravu těchto jílových materiálů jsou energetické nároky výrazně nižší, než při výrobě klasických hydraulických pojiv (cementu), při jejichž výrobě je životní prostředí zatíženo rovněž vysokým obsahem oxidu uhličitého, který uniká do ovzduší při rozkladných reakcích vápence a také ze spalování paliv při výpalu slínku. [24]

„Jak bylo prokázáno nejnovější konferencí zaměřenou na ekologické problémy životního prostředí v Paříži (únor 2007), je oxid uhličitý produkovaný průmyslem a dopravou jedním z hlavních činitelů, které ovlivňují nejen životní podmínky, ale i tvorbu tzv. „skleníkového efektu“, ze kterého plyne oteplování povrchu planety.“ [24]

Při použití jílových materiálů pro alkalickou aktivaci část problému odpadá, jelikož při pálení je vedlejším produktem pouze voda, přičemž při rozkladných reakcích uhličitánu vápenatého uniká do ovzduší 440 kg oxidu uhličitého na každou tunu uhličitánu vápenatého. Přitom při reakcích aluminosilikátů jsou nejpoužívanějším materiálem kaolinitické jíly a kaoliny, přibližného vzorce $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, kdy potřebná teplota je podstatně nižší (u vápna o 100 – 150 °C a u cementu až o 800 °C). Při této tepelné úpravě je rovněž nižší

spotřeba energie a do ovzduší unikají pouze 2 molekuly vody, což je 36 kilogramů na každých 258 kg páleného čistého kaolinu. [24]

Při využití sekundárních produktů průmyslové a energetické výroby tyto energeticky vysoce náročné procesy odpadají, při využití např. vysokopecní jemně mleté granulované strusky jsou energetické nároky pouze na vysoušení a následné mletí, u popílků není nutná většinou žádná úprava. [22]

3. Vláknobeton

Tato kapitola poskytuje stručný přehled o nejčastěji používaných typech vláken do betonu.

3.1 Definice vláknobetonu

Jedná se o zvláštní druh konstrukčních betonů, kdy jsou do těchto betonů při výrobě přidávány vhodné typy vláken, které slouží jako rozptýlená výztuž. Rozptýlením vláken v celé struktuře betonu lze dosáhnout zlepšení vybraných fyzikálních a mechanických vlastností. [9]

Jedná se o schopnost betonu odolávat objemovým změnám při smršťování během tuhnutí a tvrdnutí. Při použití vláken s vyšším modulem pružnosti mohou působit a zlepšovat vlastnosti betonu i po jeho zatvrdnutí. Tyto betony jsou odolnější vůči působení tahových napětí a zmírňují charakter křehkého porušení betonu.

Při návrhu těchto speciálních betonů, je nutné zvolit vhodný typ vláken (materiál, délku) a určit množství vláken, kdy bude beton dosahovat nejlepších vlastností. Při výrobě betonu je potřeba zajistit, aby vlákna byla rovnoměrně rozprostřena po celé struktuře betonu a nedocházelo k tvorbě shluků vláken v jednotlivých místech betonu. [25]

3.2 Materiály vláken

Materiál a typ vláken je nutno volit dle požadavků na mechanické a fyzikální vlastnosti, kterých má beton dosahovat.

3.2.1 Ocelové drátky

Ocelové drátky se používají nejčastěji v délkách od 12 do 60 mm, tloušťkách od 0,25 do 1 mm, a poměr délky k tloušťce je 50 – 100. Pevnost v tahu u těchto drátků je v rozmezí 500 až 1100 MPa. Jednotlivé typy drátků se liší rozdílnou úpravou tvaru, která by měla zajistit jeho dostatečné ukotvení v cementovém kameni. Tyto drátky mohou být na koncích zploštělé, ohnuté, profilované nebo mohou být použity ocelové špony z obrábění ocele. [23]

Při použití ocelových drátků jako rozptýlené výztuže do betonu jsou tyto drátky vyráběny několika způsoby:

- Sekáním tenkého hladkého drátu za studena taženého,
- Stříháním z plechu,
- Oddělováním z taveniny,
- Protahováním z drátu taženého za studena,
- Frézováním z ocelových bloků.

Drátky jsou k dispozici v několika typech oceli, pevností, délek a tvarů (Obr. 3). [25]

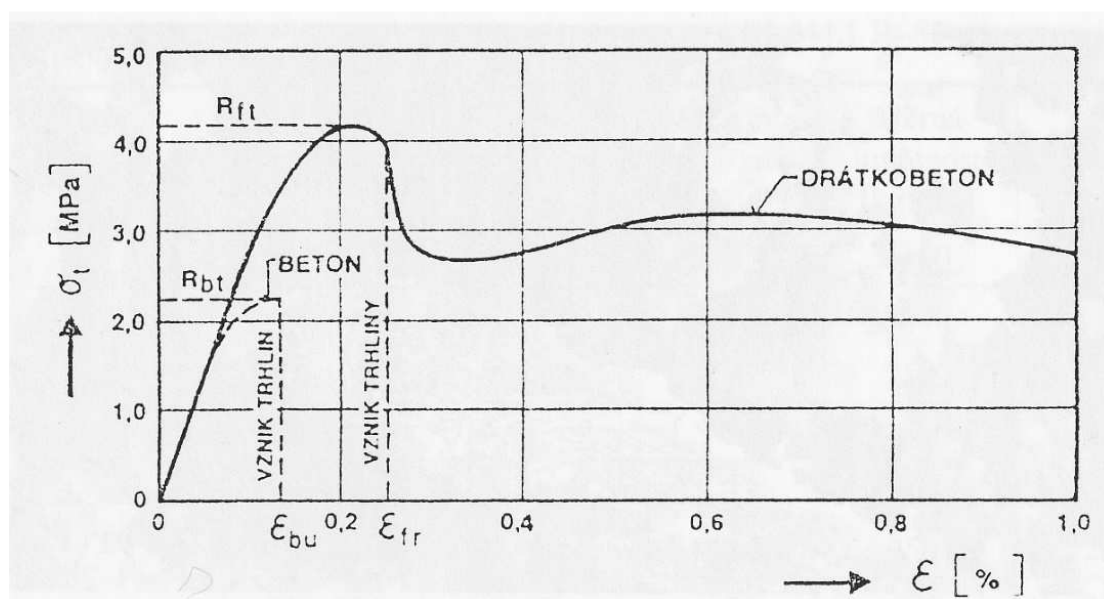


Obr. 3 Typy ocelových drátků do betonu [20]

Mezi speciální druh rozptýlené výztuže patří nerezové ocelové drátky s amorní strukturou. Tyto drátky jsou vyráběné prudkým ochlazením roztavené chromové ocele, která

obsahuje křemík a fosfor. Způsob výroby se podobá výrobě minerálních vláken. Díky obsahu chromu v oceli tyto drátky nepodléhají korozi a vyznačují se velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Používají se pro torkretovací betony. [25]

Ocelové drátky se dávkuje v rozmezí 30 až 100 kg na 1 m³ betonu. Tento beton se používá na konstrukce podlah, vozovky a pro stříkaný beton. Beton vyztužený ocelovými drátky dosahuje vyšších pevností v tahu a v tahu za ohybu, dochází také ke zvýšení houževnatosti a k menšímu smrštění betonu (Obr. 4).



Obr. 4 Pracovní diagram betonu a drátkobetonu [23]

3.2.2 Skleněná vlákna

Skleněná vlákna, která se používají jako rozptýlená výztuž do betonu, musí být ze speciálního skla a musí mít zvýšenou schopnost odolávat alkalickému prostředí (Obr. 5). [26]

Pro tato vlákna je upraveno chemické složení sklářského kmene ($\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{ZrO}_2$ nebo $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{MgO}$) a následně se vlákna opatřují povrchovou úpravou, tzv. lubrikací. [23]

Pro tyto účely se používají skleněná vlákna, která obsahují 19 % oxidu zirkoničitého. V průměru mají 14 μm a vyrábí se v délkách 6 – 25 mm. Vlákno obsahuje zhruba 200 monovláken. Při výrobě směsi je nutno dbát na vyšší spotřebu vody, která vzniká nutností smáčet povrch vláken. [9]

Vlákna mají pevnost v tahu 1,7 GPa a modul pružnosti 72 GPa. [23]

Tato vlákna používáme buď k omezení vzniku smršťovacích trhlin během zrání betonu, nebo k dosažení vyšších pevností vyzrálého betonu. [10]

Pro omezení vzniku smršťovacích trhlin v betonu musí být vlákna obsažena v dostatečném počtu a musí dosahovat dostatečných délek, zároveň tato vlákna musí být rovnoměrně rozmístěna v celé struktuře a objemu betonu. Aby vlákna splňovala svůj účel, musí mít vyšší modul pružnosti než vyztužovaný materiál. Vlákna s nižším modulem pružnosti jsou schopna působit pouze v několika prvních hodinách. Pro tento způsob vyztužení se používají prameny s rozplavitelnou lubrikací (např. ANTI-CRAK HD). Při mísení dojde k rozložení pramenů, které tvoří 800 ks monovláken a ty působí ve směsi jako samostatná vlákna. [10]



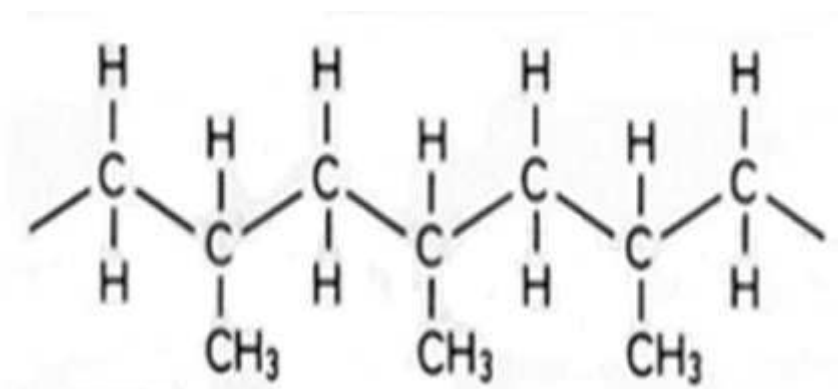
Obr. 5 Skleněná vlákna Cem-FIL v betonu [10]

Další oblastí využití alkalivzdorných skleněných vláken je zvýšení pevnosti v tahu za ohybu, rázu a houževnatosti. V tomto případě vlákna působí v prameni. U těchto pramenů je důležitá lubrikace, která je dána specifikacemi použití pramenů. Když vlákna používáme pro vyztužení betonu, je důležité, aby lubrikace odolala mechanickému tření o zrna kameniva. Lubrikace je také nutná, aby vlákna byla při míchání ohebná a aby nedošlo k jejich zlomení, a dále tato povrchová ochrana slouží k ochraně vláken v alkalickém prostředí. Pro tento typ

vyztužení jsou určena vlákna s otěruvzdornou lubrikací (např. ANTI-CRAK HP). Jednotlivé prameny jsou tvořeny 100 kusy monovláken, kdy u těchto typů vlákna působí jako prameny a nedochází k rozvolnění na jednotlivá monovlákna. [10]

3.2.3 Polypropylenová vlákna

Polypropylen (PP) je jeden z nejvýznamnějších polymerů ze skupiny polyolefinů. Je vyráběn polymerací propylenu. Ve stavebním průmyslu je nejpoužívanější izotaktický polypropylen, kde je většina metylových skupin uložena na stejné straně polymerního řetězce (Obr. 6). Základní jednotka polypropylenu je $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$. [25]



Obr. 6 Struktura základního řetězce izotaktického polypropylenu [15]

Při použití polypropylenových vláken do vláknobetonu jsou uplatňovány dva typy vláken, monofilamentní (vlasová, tažená) a fibrilovaná (síťovaná). Monofilamentní vlákna jsou vyráběna vytlačováním taveniny tryskou do vzduchu, následným zachycením vlákna a jeho tažením. Tato vlákna mají kruhový průřez. Fibrilovaná vlákna jsou vyráběna nařezáním předepnuté folie, jedná se tedy o vlákna pásková. Monofilamentní vlákna jsou vyráběna v délkách 3 - 12 mm, o průměru 0,02 mm. [25]

Vlákna jsou opatřena lubrikací, která zaručuje dostatečné smáčení vláken vodou v betonu. Za vhodný tvar vláken se považují zvlněná vlákna, která jsou opatřena 10 - 12 obloučky na 10 mm délky. Hlavním úkolem těchto vláken je omezení vzniku smršťovacích trhlin při zrání betonu. [25]

Jelikož fibrilovaná vlákna jsou silnější (0,03 x 0,1 mm), mají menší účinek v plastickém stavu betonu, avšak mají vyšší výztužný účinek v zatvrdlém betonu (Obr. 7). V dnešní době už jsou vyvinuta vysokopevnostní vlákna s pevností v tahu až 700 MPa, která

jsou na bázi polypropylenového kopolymeru, tato jsou tvořena svazky monofilamentních a fibrilovaných vláken. Vlákná zvyšují houževnatost a je možné použít oba typy vláken najednou. [25]

Polypropylenová vlákna zvyšují požární odolnost betonových konstrukcí. Těchto vlastností je využito při stavbě silničních tunelů. Princip zvýšení požární odolnosti u betonu vyztuženého polypropylenovými mikrovláknami spočívá v tom, že při zvýšené teplotě dochází k rozpuštění těchto vláken, následkem čehož vznikají v konstrukci jemné kapilární póry. Díky těmto pórům může unikat z betonu voda fyzikálně vázaná, jež se vlivem vysoké teploty mění na vodní páru, a nedochází tak k explozivnímu odprýskávání a odpadávání betonu. [25]



Obr.7 Monofilamentní polypropylenová vlákna [30]

3.2.4 Polyvinylalkoholová vlákna

Jedná se o polymer, který je vyráběn polymerací vinyl-acetátu a následně částečnou nebo úplnou hydrolýzou polyvinylacetátu za obsahu katalytických zásaditých látek nebo minerálních kyselin. [4]

Polyvinylalkoholová vlákna od společnosti BASF jsou určena pro vyztužení vysoce a ultra vysoce odolných betonů. Tato vlákna mají vysokou molekulární pevnost, v kontaktu s betonem jsou vhodná pro kontrolu trhlin (Obr. 8). U těchto vláken je velmi vysoká soudržnost s cementovým tmelem, proto není nutné používat dlouhá vlákna. Tím je usnadněno míchání i při větších dávkách vláken, což zajistí, že konstrukce bude mít pružné vlastnosti. Vlákná odolávají zásaditému prostředí, mají vysokou odolnost proti chemickým látkám a jsou stálá i v agresivním prostředí. Vlákná jsou přidávána do betonové směsi po přidání záměsové vody a přísad, po přidání vláken se musí směs míchat dostatečně dlouho, aby došlo k rovnoměrnému rozptýlení vláken ve směsi. [11]



Obr.8 Polyvinylalkoholová vlákna Nycon – PVA RMS 702 [13]

Dávkování tohoto typu vláken se pohybuje od 15 kg na m³ a může přesáhnout až 45 kg na m³. Množství vláken je ovlivněno vlastnostmi, kterých má dosahovat výsledný beton. Mohou nahradit ocelovou výztuž, ale je nutné provést statický výpočet. Taktéž mohou zeštíhlit konstrukce. [11]

Vlákná se vyskytují v průměrech 0,16 - 0,24 mm v různých délkách. Pevnost těchto vláken je 790 – 1160 MPa, modul pružnosti je 30 GPa. [11]

4. Použité suroviny

V experimentu byly použity suroviny dostupné v Laboratoři stavebních hmot FAST, VŠB-TUO.

4.1 Vysokopecní granulovaná struska

Struska se začíná tvořit ve vysoké peci při měknutí vsázky. Tato fáze se nazývá prvotní. Před vznikem samotné strusky dochází ke spékání částečně redukovaného aglomerátu. Postupným snižováním viskozity strusky, klesá prvotní struska do oblastí, kde se vyskytují nejvyšší teploty. Struska přichází do kontaktu s rozžhaveným koksem a tím se uzavírá redukce železa. Dochází k roztavení zbylých oxidů SiO_2 , CaO , MgO a Al_2O_3 . Důsledkem toho se mění chemické složení strusky a zvětšuje se její objem (tato fáze se označuje jako přechodová). Struska musí mít takové vlastnosti, aby co nejdokonaleji odsířila železo, zajistila dokonalou redukci železa a dobře vytékala z pece. [27]

Při výrobě surového železa se tvoří struska při teplotě 1450 °C. Struska se následně buď chladí prudce pomocí vody a vzniká granulovaná struska nebo chladne na vzduchu a vzniká struska sypaná. Granulovaná struska je typická vysokým podílem amorfní fáze SiO_2 , která jí zaručuje latentně hydraulické vlastnosti. Vzniklá granulovaná struska by tedy měla být minimálně ze dvou třetin sklovitá. Obsah oxidů CaO , MgO , SiO_2 v % hmotnosti se uvádí minimálně 66,7 %. [19]

Pro účely praktické části bakalářské práce byla použita jemně mletá granulovaná vysokopecní struska. Tato struska se vyznačuje latentními hydraulickými vlastnostmi. Použita byla struska společnosti Kotouč Štramberk, spol. s.r.o. SMŠ 400, s měrným povrchem 400 m²/kg měřeno BET analýzou. Procentuální zastoupení jednotlivých prvků získané měřením na fluorescenčním spektrometru je zobrazeno v tabulce Tab. 1. [31]

Tab. 1 Procentuální zastoupení chemických prvků ve strusce

VGS	
Oxid	Obsah [%]
CaO	40,0
SiO ₂	39,9
Al ₂ O ₃	6,9
MgO	8,9
SO ₃	0,6
Fe ₂ O ₃	0,4

4.2 Normalizovaný písek

Pro praktickou část práce byl použit normalizovaný písek CEN, ČSN EN 196-1. Jedná se o přírodní křemičitý písek, který je tvořen zaoblenými částicemi a obsah oxidu křemičitého je min. 98 %, frakce 0/2 mm a obsah vlhkosti menší než 0,2 %. [8]

Tab. 2 Zrnitost referenčního písku CEN

Síto se čtvercovými oky [mm]	2	1,6	1	0,5	0,16	0,08
Celkový zbytek na sítích (%)	0	7 ± 5	33 ± 5	67 ± 5	87 ± 5	99 ± 1

4.3 Záměsová voda

Byla použita pitná voda z vodovodního řadu. Tato voda se považuje dle normy ČSN EN 1008: Záměsová voda do betonu - Specifikace pro odběr vzorků a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, za vhodnou. [6]

4.4 Aktivátory

Jedná se o látky zásaditého charakteru, které do systému vnášejí alkalické prostředí, které je nutné pro nastartování hydratačních procesů vysokopecní granulované strusky. V experimentu bylo použito sodné vodní sklo a metakřemičitan sodný v pevném stavu.

4.4.1 Sodné vodní sklo

Jedná se o roztok křemičitanu sodného. Bylo použito vodní sklo od firmy EURO-Šarm spol. s r.o. U tohoto vodního skla byl upraven silikátový modul pomocí 50 % roztoku hydroxidu sodného na hodnotu 2. [12]

Tab. 3 Složení sodného vodního skla

NaVS	MJ	Hodnota
Obsah SiO ₂	%	25 - 26
Obsah Na ₂ O	%	7 - 8
Molární poměr	-	3,2 - 3,5
Hustota	kg/m ³	1320 - 1350

4.4.2 Metakřemičitan disodný bezvodý

Metakřemičitan disodný bezvodý je krystalický materiál bílé barvy, který obsahuje min. 44 % oxidu křemičitého. [14]

Tab. 4 Složení metakřemičitanu disodného bezvodého

MKS	MJ	Hodnota
Obsah SiO ₂	%	min. 44
pH	-	12,5
Molární hmotnost	kg/mol	122,06
Relativní hustota	g/cm ³	2,6

4.5 Vlákná

V experimentu byla použita skleněná vlákna Anti-Crak HP – 12 mm a polyvinylalkoholová vlákna MasterFiber 400 a MasterFiber 401. Jedná se o vlákna, která mají zvyšovat odolnost betonu při namáhání v ohybu. Používají se pro vysokopevnostní betony.

Jelikož se optimální dávkování jednotlivých typů vláken značně liší a cílem práce je především ověřit, zda lze použitím jednotlivých typů vláken vylepšit pevnostní charakteristiky vyrobeného kompozitu co nejefektivněji, byla pro kompozity na základě prvotní přípravy směsí (a zhodnocení jejich zpracovatelnosti) zvolena jako optimální dávka všech tří typů vláken v množství 5 g na jednu záměs, což odpovídá hodnotě cca 6 kg vláken na m³ směsi.

Teprve v rámci experimentálního stanovení průhybu u vybraného typu vláken Masterfiber byla naplánována příprava směsi s doporučeným množstvím vláken dle pokynů výrobce.

4.5.1 Anti-Crak HP – 12 mm

Jedná se o speciální skleněné vlákno z alkalivzdorného skla, tzv. vlákna Cem-FIL. Mají upravený povrch lubrikací, která zaručuje odolnost proti ohrusu a zajistí, že se vlákna během míchání nepoškodí. Vlákná se vyrábí v průměru 14 µm. Obvyklé dávkování vláken je 3 – 25 kg/m³. Výjimečně se dávkování pohybuje okolo 70 kg/m³. [10]

4.5.2 MasterFiber 400, Masterfiber 401

Jedná se o polyvinylalkoholová vlákna, která jsou určena pro vyztužení vysokopevnostních betonů. Jsou to monofilní vlákna o průměru 0,16 až 0,24 mm. Dávkování pro VHPC se pohybuje od 15 – 45 kg/m³. Vlákna MasterFiber 401 jsou dlouhá 12 mm a tvoří neohebné jehličky kruhovitého průřezu, vlákna MasterFiber 400 jsou dlouhá 18 mm a jsou relativně dobře ohebná. I když pocházejí z jedné produktové řady jednoho producenta, byla vybrána pro své rozdílné vlastnosti. [11]

5. Pracovní postupy

V experimentální části byly použity normové postupy uvedené v následujících podkapitolách.

5.1 Příprava směsí

Z ekonomických důvodů byly základní vlastnosti směsí ověřovány na tělesech o velikosti (40 x 40 x 160) mm, příprava směsí se tedy řídila normovými požadavky pro přípravu malt a cementů.

Veškeré potřebné suroviny do směsi se vážily na váze s přesností ± 1 g. Nejdříve byla do 5 l nádoby vsypána struska (VGS) a následně byl přidán aktivátor a voda. Postup míchání směsí byl v souladu s požadavky ČSN EN 196-1 [8] a ČSN EN 196-3 [9]. Struska, společně s přídavkem aktivátoru a vody, se míchala po dobu 90 s nízkou rychlostí míchání dle ČSN EN 196-3 [9]. Po ukončení prvního cyklu míchání byla dávkována vlákna a následně byla směs míchána podle požadavků ČSN EN 196-1 [8] s celkovou dobou míchání 180s, při níž byl dávkován písek.

Při přípravě těles větších objemů probíhalo míchání v 25 l nádobě pomocí ručního míchače. Nejdřív se opět smíchala VGS, aktivátor a voda, po promísení se přidala vlákna a následně se natřikrát vsypával normalizovaný písek. Doba míchání byla přibližně stejná jako u zpracování v laboratorní míchače.

5.2 Příprava zkušebních těles

Směs byla ihned po ukončení míchacího cyklu přemístěna do formy, která byla umístěna na vibračním stole. Pomocí stěrky se vymazaná forma plnila směsí přibližně do poloviny své výšky. Následně byl spuštěn vibrační stolek, který hutnil směs po dobu 2 minut. Po skončení hutnění byla směs do formy doplněna, spuštěn vibrační stolek a dle potřeby bylo provedeno doplnění směsi do formy a zarovnání povrchu. Po ukončení hutnění byla forma přikryta sklíčkem a vložena do vlhkostní skříně. [8]

Tímto způsobem byla připravena zkušební tělesa o velikosti (40 x 40 x 160) mm, na nichž byly stanovovány fyzikálně mechanické vlastnosti. Pro stanovení dynamického modulu pružnosti, průhybu a pevnosti v tahu za ohybu byla u vybraných receptur v experimentu připravena desková tělesa o rozměrech (200 x 40 x 800) mm, u těchto těles byl postup výroby podobný, forma byla opět plněna nadvakrát a hutněna po stejnou dobu. Pro snadnější odformování byl vnitřek formy pokryt smršťovací folií. Po doplnění byla forma přikryta smršťovací folií.

5.3 Ošetření zkušebních těles

Vyjmutí těles z ocelových forem bylo provedeno opatrně, aby nedošlo k jejich poškození. Pro snadnější odformování bylo dno formy obaleno smršťovací folií a boční stěny byly natřeny olejem. Pro stanovení jednodenních pevností se zkušební tělesa odformovávají nejdříve dvacet minut před samotným zkoušením. U zkoušky po více jak 24 hodinách, se odformování provádí v rozmezí 20 až 24 hodin. Po odformování se jednotlivá tělesa označí. Následně jsou tělesa uložena ve vlhkostní skříni. Ve vlhkostní skříni je teplota 20 °C a relativní vlhkost 98 %. [8]

Po odformování desek byla tato tělesa popsána a uložena v nádrži s vodou, o teplotě (20 ± 1) °C. Tělesa musí být uložena tak, aby byla celá ponořená ve vodě. [8]

5.4 Pevnost v tahu za ohybu

Při stanovení pevnosti v tahu za ohybu byl použit zkušební stroj, který umožňuje zatěžování ve třech bodech. Trámečky byly vkládány do stroje na dvě válcové podpory o průměru 10 mm, které jsou od sebe vzdálené 100 mm a třetí zatěžovací válec působí ze shora uprostřed těchto podpor. Zatížení působí kolmo na směr plnění, které působí přes

zatěžovací válce kolmo na boční stranu trámečku a zvyšuje se rovnoměrnou rychlostí (50 ± 10) N/s až do zlomení. Na rozlomených polovinách se následně stanovuje pevnost tlaku. [8]

Pevnost v tahu za ohybu v [MPa] se vypočte ze vztahu (1):

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_t \cdot l}{b^3} \quad (1)$$

kde: R_f je pevnost v tahu za ohybu [MPa],
 b je strana čtvercového průřezu trámečku [mm],
 F_t je zatížení vynaložené na střed trámečku při zlomení [N],
 l je vzdálenost mezi podporami [mm].

Pevnost v tahu za ohybu je aritmetickým průměrem tří naměřených hodnot pevností v tahu za ohybu na jednotlivých zkušebních tělesech, kdy každý výsledek je vyjádřen s přesností 0,1 MPa. Aritmetický průměr se vyjádří rovněž s přesností 0,1 MPa.

5.5 Pevnost v tlaku

Stanovení pevnosti v tlaku se provádí na polovinách trámečků. Trámečky jsou vkládány do lisu tak, aby zatížení, které působí na boční strany, bylo kolmé na směr plnění. Zatížení se zvyšuje plynulou rychlostí (2400 ± 200) N/s do porušení. [8]

Pevnost v tlaku R_c v [MPa] se vypočítá ze vztahu (2):

$$R_c = \frac{F_c}{a \cdot c} \quad (2)$$

kde: R_c je pevnost v tlaku [MPa],
 F_c je nejvyšší zatížení při porušení [N],
 $a \times c$ je plocha, na kterou působí zatížení [mm²].

Pevnost v tlaku se vyjádří jako aritmetický průměr ze šesti jednotlivých výsledků sady tří trámečků, kdy každý výsledek je vyjádřen s přesností 0,1 MPa. Odlišuje-li se jeden

výsledek ze šesti o víc než $\pm 10 \%$ jejich průměrné hodnoty, vyřadí se a aritmetický průměr se vypočítá ze zbývajících pěti výsledků. Aritmetický průměr se vyjádří s přesností 0,1 MPa.

5.6 Dynamický model pružnosti – ultrazvukovou impulzovou metodou

Za pomoci kalibračního válečku provedeme kalibraci přístroje, v experimentu byl použit přístroj TICO od firmy Proceq. Prozvučení bylo prováděno na čtyřech označených místech, vlny se šířily v podélné ose vzorku. Měření se provádí v rozsahu 15 – 6550 μs s rozlišením 0,1 μs na frekvenci 54 kHz. Po prozvučení se zaznamenává čas průchodu vlny, která projde měřicí základnou. [5]

Čím vyšších hodnot dynamického modulu pružnosti materiál dosahuje, tím dosahuje materiál při stejném zatížení menších deformací. [30]

Dynamický modul pružnosti v tlaku (4) vypočtený pomocí rychlosti impulzu (3):

$$v_L = \frac{L}{T} \quad (3)$$

$$E_{cu} = \rho * v_L^2 * \frac{1}{k^2} \quad (4)$$

kde:	v_L	je rychlost impulzu v [km/s],
	L	je délka měřicí základny [mm],
	T	je čas, který uplyne při průběhu impulzu měřicí základnou [μs],
	E_{cu}	je dynamický modul pružnosti v tlaku [GPa],
	ρ	je objemová hmotnost [kg/m^3],
	k	je součinitel rozměrnosti prostředí, byl uvažován 1.

5.7 Pevnost v tahu za ohybu čtyřbodovým ohybem

Tato zkouška neprobíhala přesně podle požadavků normy, neboť při této zkoušce byl zjišťován především maximální možný průhyb těles. Zatěžování se skládá ze dvou podpěrných válečků a dvou horních válečků, které jsou připojeny k příčnému závěsu (Obr. 9). Rychlost zatěžování byla 20 N/s. [7]

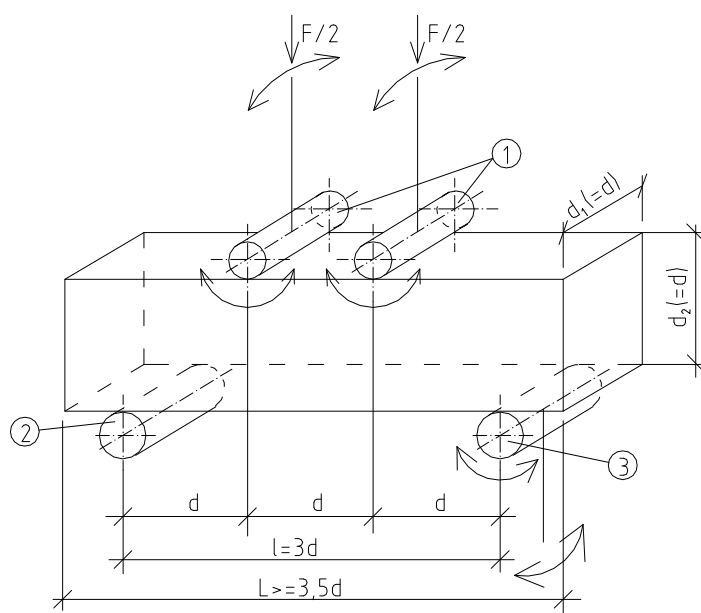
Pevnost v tahu za ohybu - čtyřbodový ohyb v [MPa] se vypočte ze vztahu (5):

$$f_{cf} = \frac{F \cdot l}{d_1 \cdot d_2^2} \quad (5)$$

kde: f_{cf} je pevnost v tahu ohybem v [MPa],
 F je maximální zatížení v [N],
 l je vzdálenost mezi podpěrnými válečky [mm],
 d_1 a d_2 jsou rozměry příčného řezu tělesa [mm].

5.8 Stanovení průhybu těles

U této zkoušky nebyly aplikovány normové postupy. Zkouška probíhala na lisu s nástavcem na čtyřbodový ohyb. Rozpětí mezi spodními podporami bylo 78 cm a horní podpory byly ve třetinách rozpětí spodních podpor (26 cm). K lisu bylo externě připojeno čidlo, které zaznamenávalo průhyb těles. Toto čidlo bylo umístěno ve středu tělesa. Zatěžování probíhalo rychlostí 20 N/s.



Obr.9 Schéma čtyřbodového ohybu [26]

6. Experimentální část

Jako referenční směsi v experimentální části byly použity již dříve ověřené receptury, které byly odzkoušeny v Laboratoři stavebních hmot FAST, VŠB-TUO v předchozích pracích [1, 18].

6.1 Směsi připravené s NaVS

6.1.1 Referenční směs NaVS

S touto referenční směsí byly porovnávány další připravené směsi s obsahem vláken, které byly alkalicky aktivovány pomocí sodného vodního skla.

Receptura: 450 g VGS
1350 g normového písku
100 g H₂O
127 ml aktivátoru – NaVS

Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u této referenční receptury po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5). Zlomky těles po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na obrázcích (Obr. 10 - 11).

Tab. 5 Průměrné hodnoty referenční směsi NaVS

NaVS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
REF 1	1	2350	6,2	1,5
REF 7	7	2280	60,0	6,0
REF 28	28	2320	89,4	8,3
REF 60	60	2350	103,4	7,9
REF 90	90	2320	104,3	7,7

Objemová hmotnost směsi dosahuje hodnot v rozmezí 2280 až 2350 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 7 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností pozvolný. U pevností v tahu za ohybu bylo dosaženo maximálních hodnot kolem 8 MPa po 28 dnech zrání, po 90 dnech zrání dosahovala pevnost v tahu za ohybu hodnot kolem 7,7 MPa.



Obr.10 Trámeček referenční směsi po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



Obr.11 Těleso referenční směsi po stanovení pevnosti v tlaku

6.1.2 Anti-Crak HP – 12mm - NaVS

Receptura: 450 g	VGS
1350 g	normového písku
100 g	H ₂ O
127 ml	aktivátoru – NaVS
5 g	Anti-Crak HP – 12mm

Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u této směsi s vlákny Anti-Crak HP po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6). Zlomky těles po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na obrázcích (Obr. 12-13).

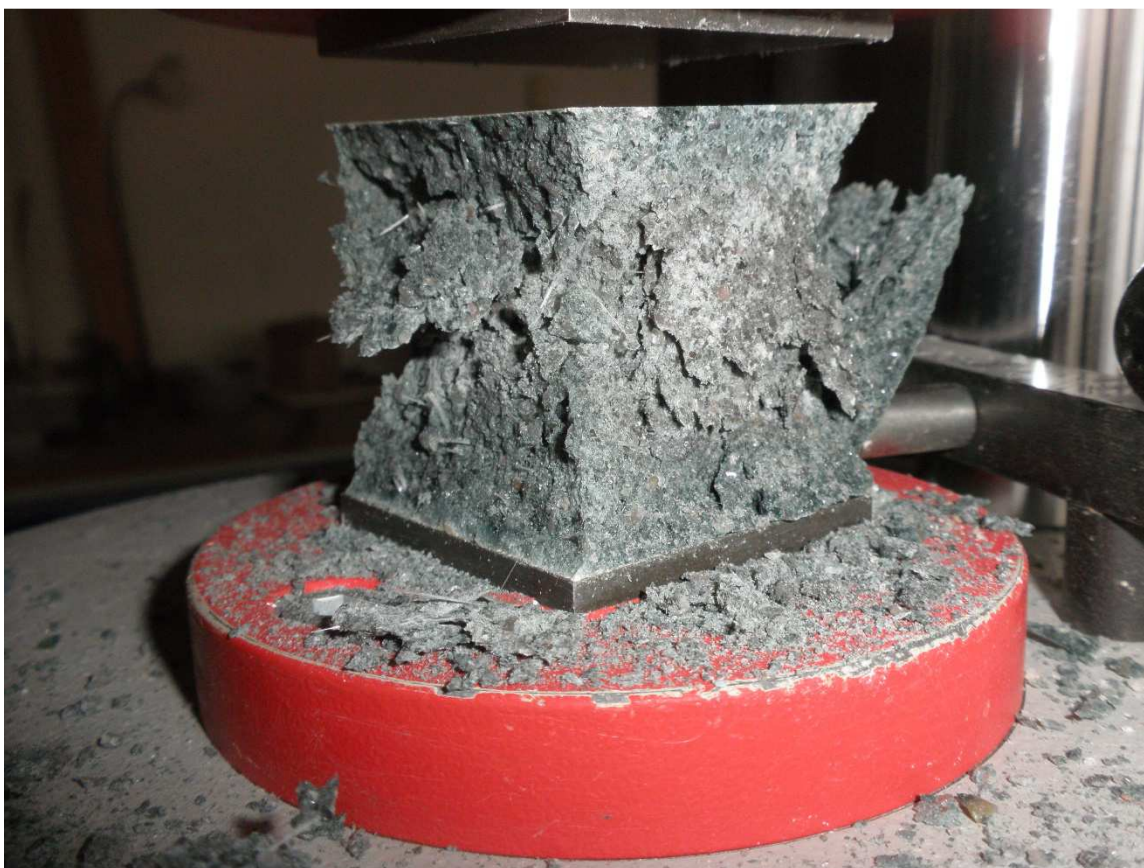
Tab. 6 Průměrné hodnoty směsi s vlákny Anti-Crak HP- 12mm

NaVS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
AC-HP 1	1	2350	7,3	1,5
AC-HP 7	7	2280	58,5	5,6
AC-HP 28	28	2310	95,4	8,9
AC-HP 60	60	2320	100,0	8,7
AC-HP 90	90	2330	110,4	8,3

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2280 až 2350 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností již pozvolný. U pevností v tahu za ohybu bylo dosaženo hodnot kolem 8 – 9 MPa. U obou typů pevností byl pozorován mírný nárůst oproti pevnostem referenční receptury. I zde však byl zjištěn u pevnosti v tahu za ohybu mírný pokles po dosažení maxima zaznamenaného po 28 dnech zrání.



Obr.12 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



Obr.13 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tlaku

6.1.3 MasterFiber 401 - NaVS

Receptura: 450 g	VGS
1350 g	normového písku
100 g	H ₂ O
127 ml	aktivátoru – NaVS
5 g	MasterFiber 401

Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u této směsi s vlákny MasterFiber 401 po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7). Vzorky po zkoušce pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na obrázcích (Obr. 14-15).

Tab. 7 Průměrné hodnoty směsi s vlákny MasterFiber 401

MKS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
MF-401 1	1	2310	30,1	3,4
MF-401 7	7	2310	62,2	6,6
MF-401 28	28	2330	88,4	6,7
MF-401 60	60	2340	100,2	7,5
MF-401 90	90	2300	84,6	7,1

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2280 až 2330 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností již pozvolný. U obou typů pevností byl pozorován mírný nárůst oproti pevnostem referenční receptury. U pevností v tahu za ohybu bylo po 28 dnech zrání dosaženo hodnot kolem 10 MPa, u pevností po 60 dnech bylo zaznamenáno snížení konečných pevností na hodnotu 7,7 MPa, a po 90 dnech na hodnotu 7,3 MPa.



Obr.14 Směs s vlákny MasterFiber 401 po zkoušce pevnost v tahu za ohybu



Obr.15 Směs s vlákny MasterFiber 401 po zkoušce pevnosti tlaku

6.1.4 MasterFiber 400 - NaVS

Receptura: 450 g	VGS
1350 g	normového písku
100 g	H ₂ O
127 ml	aktivátoru – NaVS
5 g	MasterFiber 400

Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u této směsi s vlákny MasterFiber 400 po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 8). Vzorky po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na obrázcích (Obr. 16 - 17).

Tab. 8 Průměrné hodnoty směsi s vlákny MasterFiber 400

NaVS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
MF-400 1	1	2300	7,9	1,8
MF-400 7	7	2300	65,0	6,3
MF-400 28	28	2340	101,2	8,9
MF-400 60	60	2320	108,3	7,7
MF-400 90	90	2320	116,2	7,3

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2300 až 2340 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností již pozvolný. U pevností v tlaku byl pozorován mírný nárůst oproti pevnostem referenční receptury, vývoj pevnosti v tahu za ohybu je, kromě mírně se lišícího maxima, shodný s referenční recepturou, tedy že po 28 dnech zrání bylo dosaženo hodnot kolem 9 MPa, u pevností po 60 dnech bylo zaznamenáno snížení konečných pevností na hodnotu 7,7 MPa, a po 90 dnech na hodnotu 7,3 MPa.



Obr.16 Směs s vlákny MasterFiber 400 po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



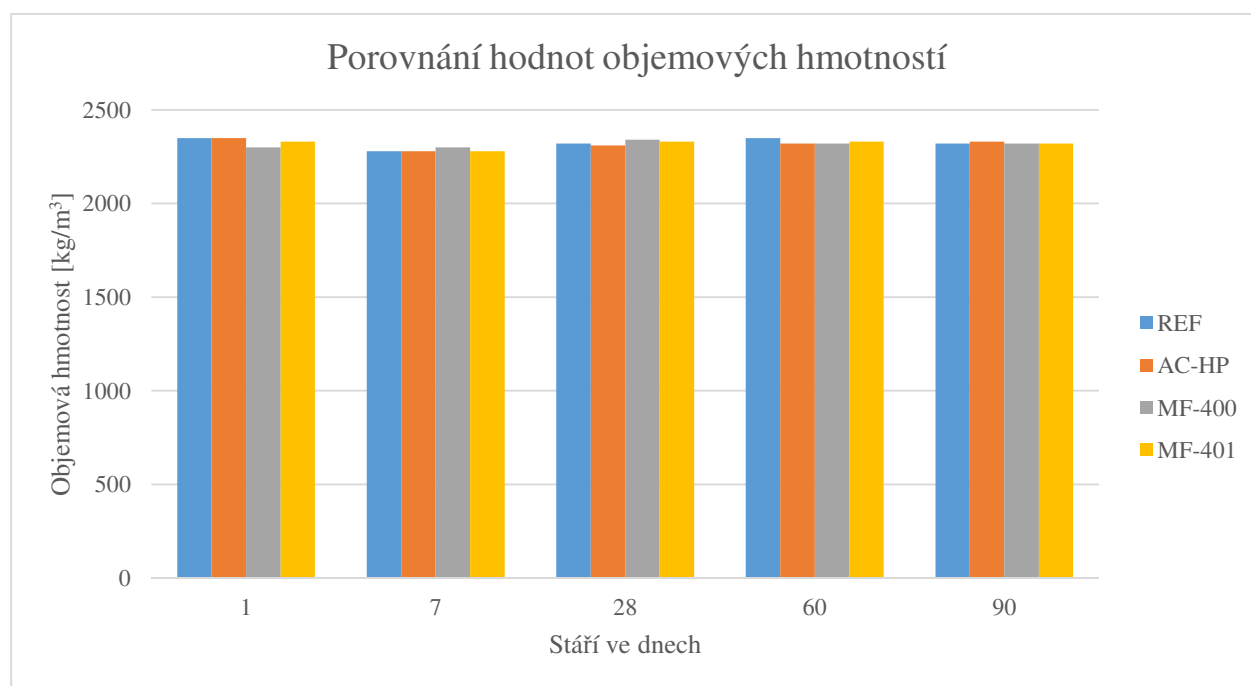
Obr.17 Směs s vlákny MasterFiber 400 po stanovení pevnosti v tlaku

6.1.5 Vyhodnocení směsí s NaVS

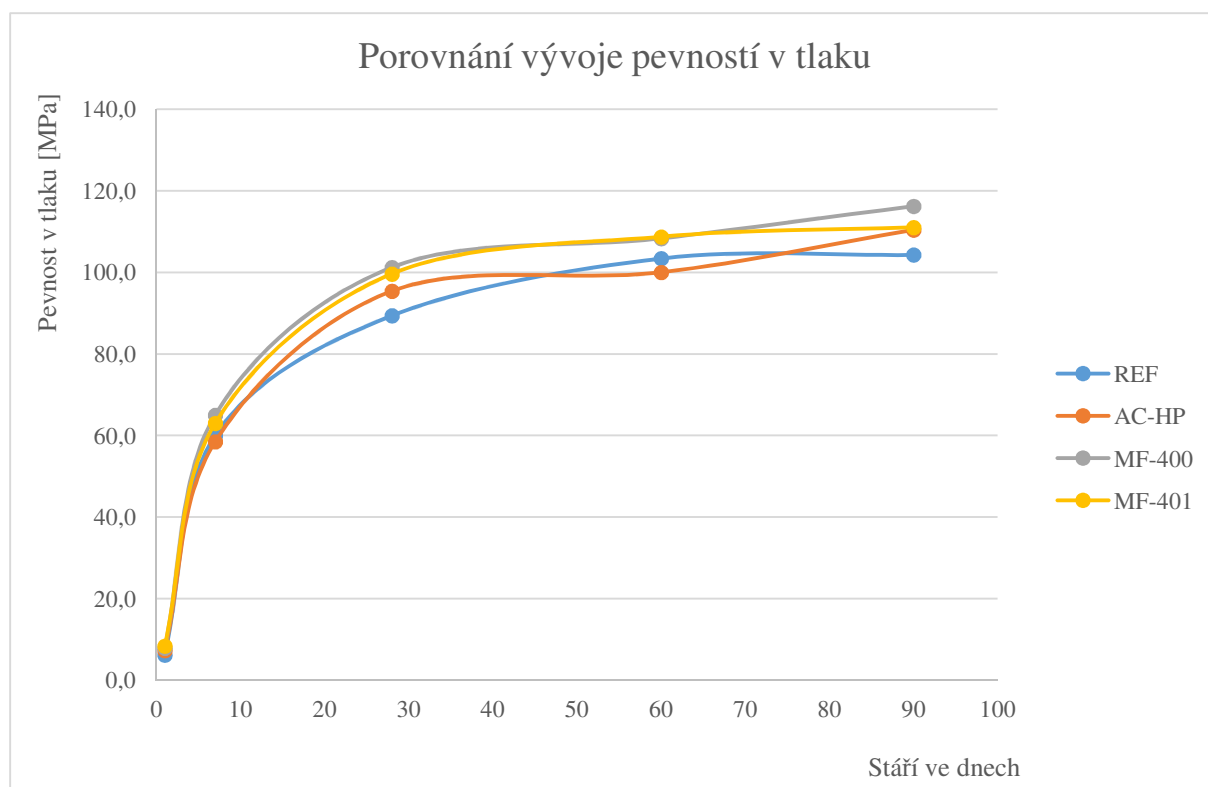
Zobrazení hodnot objemových hmotností u jednotlivých směsí v závislosti na stáří vzorku jsou na Obr. 18. Nejvyšší hodnoty objemových hmotností se vyskytují u referenční směsi a u směsi s vlákny Anti-Crak HP po 1 dni zrání. V průměru nejnižší hodnoty objemových hmotností byly zjištěny u sedmidenních těles, kde všechny objemové hmotnosti s výjimkou směsi s vlákny MF-400 dosahovaly hodnoty 2280kg/m^3 . Nejvyrovnanější jsou hodnoty objemových hmotností zjištěných po 90 dnech zrání.

Pevnosti v tlaku jsou znázorněny na Obr. 19. Z grafu je patrné, že největší nárůst pevností je v prvních dnech zrání směsi. Nejvyšší hodnoty byly dosaženy u směsi s vlákny MasterFiber 400. Pevnosti směsí s vlákny MasterFiber po celou dobu experimentu dosahovaly vyšších hodnot, než jakých bylo zjištěno u referenční směsi. Co se týče směsi s vlákny Anti-Crak HP, hodnoty pevnosti v tlaku se několikrát protnuly s hodnotami referenční směsi, po 90 dnech zrání však dosáhly vyšší hodnoty než referenční směs.

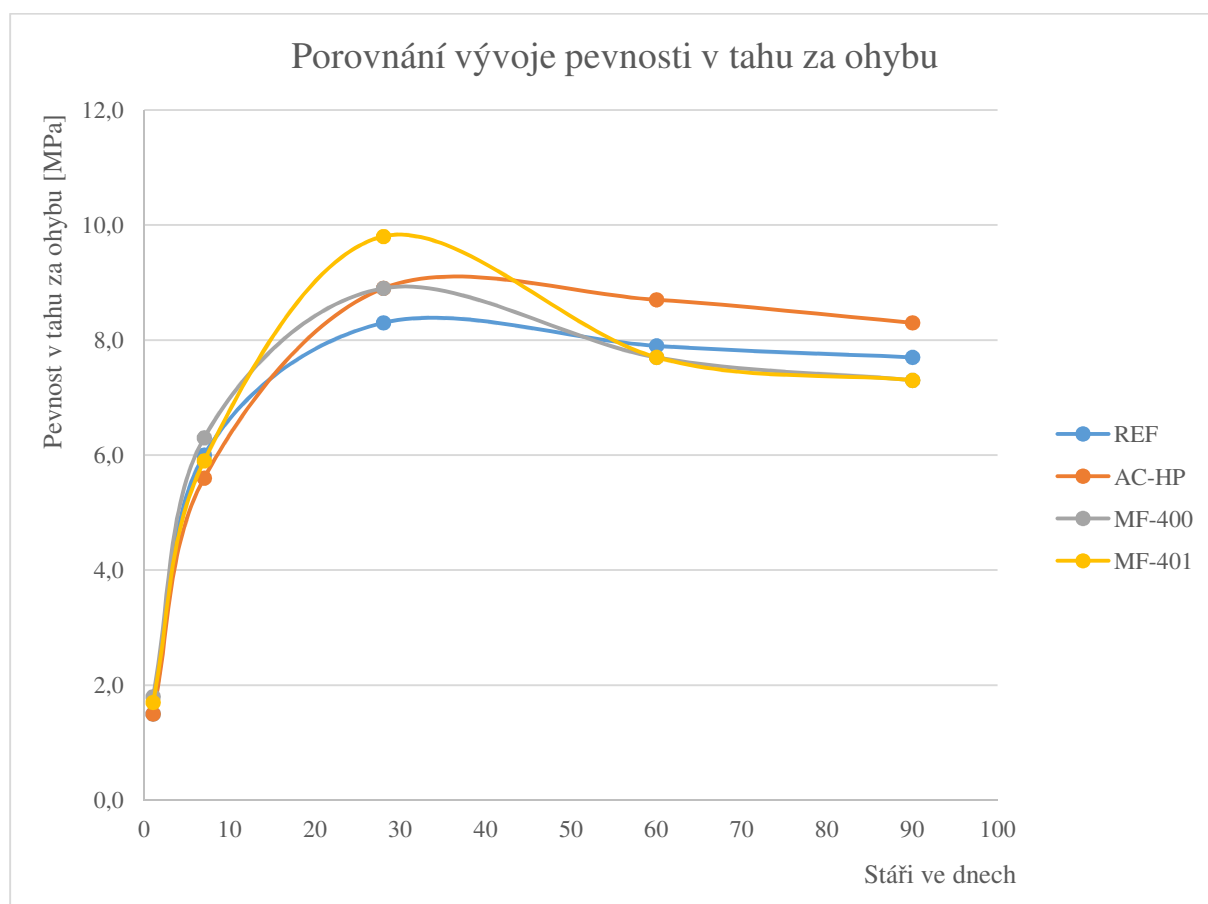
Hodnoty pevnosti v tahu za ohybu jsou graficky znázorněny na Obr. 20. Nejvyšší hodnoty pevnosti v tahu za ohybu bylo dosaženo u směsi s vlákny MasterFiber 401 po 28 dnech zrání. Následně však u těchto vláken došlo po 28 dnech k největšímu poklesu pevností. K poklesu došlo také u vláken MasterFiber 400. U referenční směsi a u směsi s vlákny Anti-Crack HP došlo po 28 dnech také k poklesům pevnosti, ale nebyly tak výrazné. Po 90 dnech bylo dosaženo nejvyšších hodnot u směsi s vlákny Anti-Crak HP.



Obr. 18 Znázornění objemových hmotností receptur



Obr.19 Znáznornění vývoje pevností v tlaku v čase



Obr.20 Znáznornění vývoje pevností v tahu za ohybu v čase

6.2 Směsi připravené s MKS

6.2.1 Referenční směs MKS

S touto referenční směsí byly následně porovnávány další směsi s obsahem vláken alkalicky aktivované pomocí MKS. Oproti směsím s NaVS je ve směsích s MKS větší množství záměsové vody z důvodu použití aktivátoru v pevném stavu.

Receptura: 450 g VGS
1350 g normového písku
200 g H₂O
89 g aktivátoru – MKS

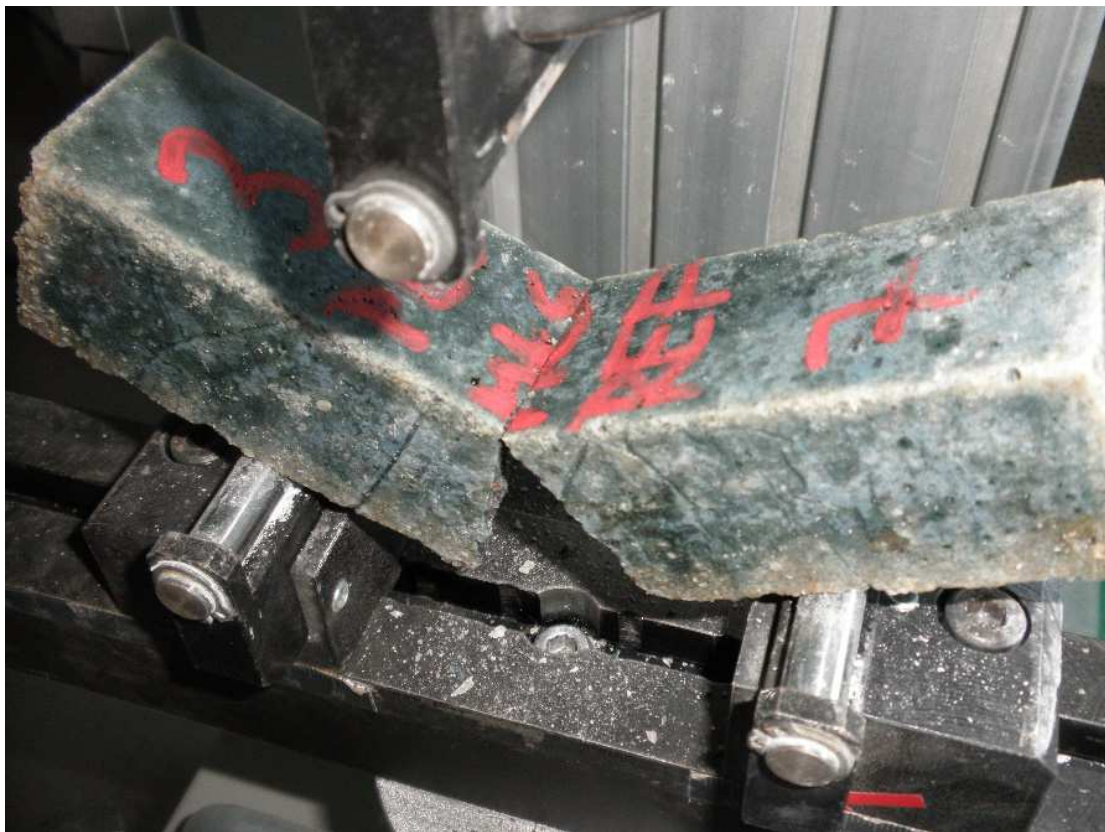
Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u této referenční směsi po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 9). Zlomky těles po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na obrázcích (Obr. 21-22).

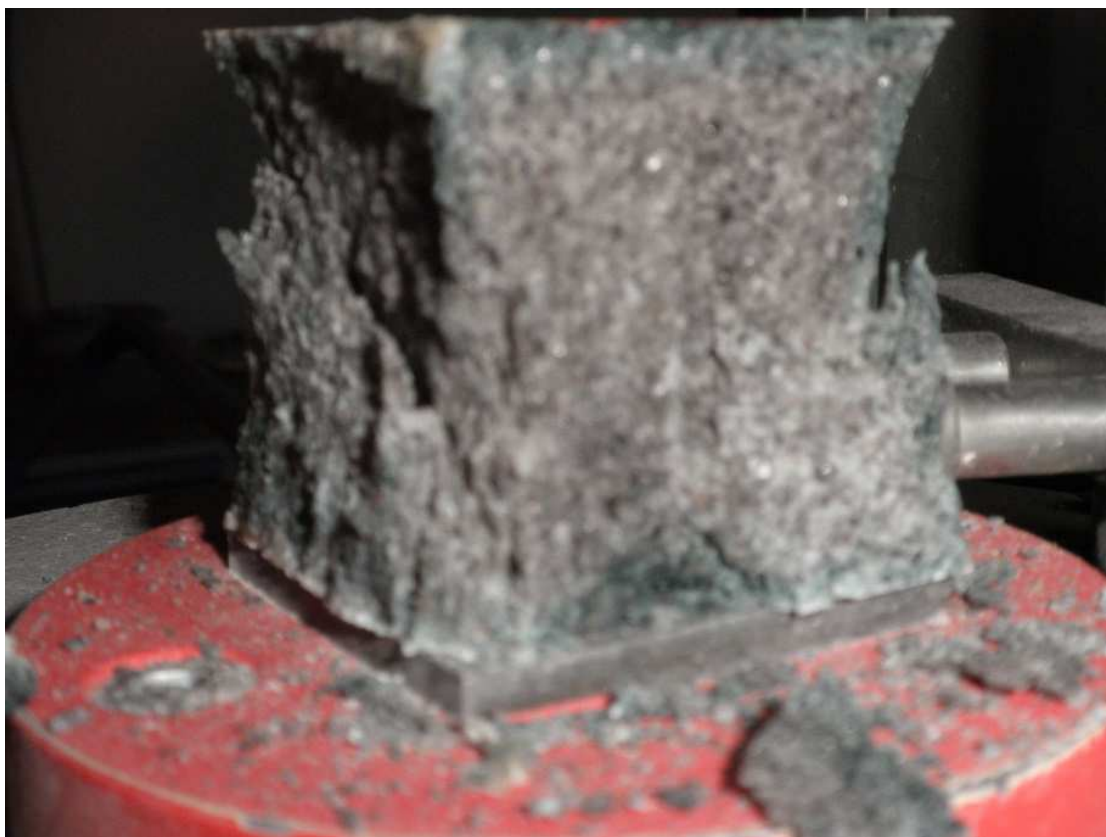
Tab. 9 Průměrné hodnoty referenční směsi

MKS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
REF 1	1	2340	30,2	4,2
REF 7	7	2280	55,9	6,7
REF 28	28	2290	85,1	6,3
REF 60	60	2350	93,1	7,4
REF 90	90	2340	80,0	7,3

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2280 až 2350 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností již pozvolný, po 60 dnech zrání byl u těles zaznamenán pokles pevnosti v tlaku. U pevností v tahu za ohybu bylo po 60 dnech zrání dosaženo hodnot kolem 7 MPa, po 90 dnech zrání byl rovněž zaznamenán pokles pevnosti.



Obr.21 Referenční směs po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



Obr.22 Referenční směs po stanovení pevnosti v tlaku

6.2.2 Anti-Crak HP – 12mm - MKS

Receptura: 450 g	VGS
1350 g	normového písku
200 g	H ₂ O
89 g	aktivátoru – MKS
5 g	Anti-Crak HP – 12mm

Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u směsi s vlákny Anti-Crak HP po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 10). Zlomky těles po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na Obr. 23 - 24.

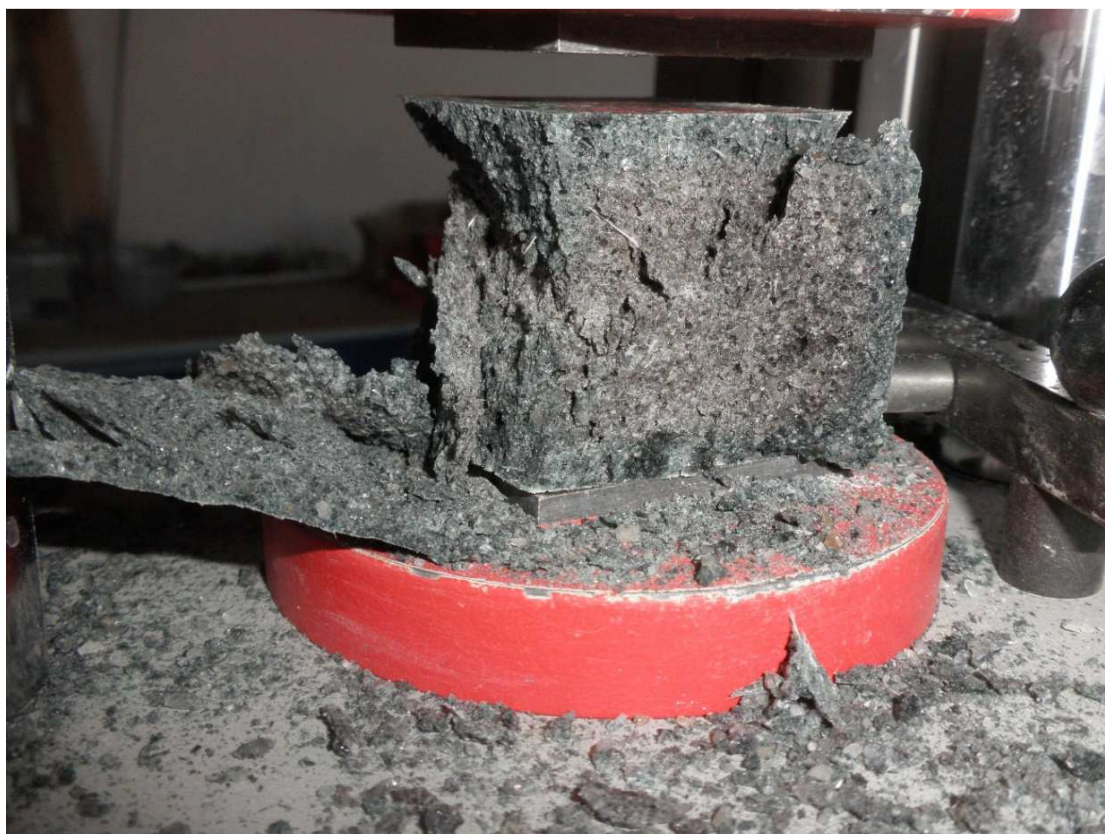
Tab. 10 Průměrné hodnoty směsi s vlákny Anti-Crak HP

MKS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
AC-HP 1	1	2310	31,4	4,2
AC-HP 7	7	2300	58,5	6,9
AC-HP 28	28	2290	77,0	7,3
AC-HP 60	60	2330	94,4	7,8
AC-HP 90	90	2300	74,9	7,2

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2290 až 2330 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností již pozvolný, po 60 dnech zrání byl u těles zaznamenán patrný pokles pevnosti v tlaku. U pevností v tahu za ohybu bylo po 60 dnech zrání dosaženo hodnot kolem 8 MPa, po 90 dnech zrání byl rovněž zaznamenán pokles pevnosti. U směsi byly pevnosti v tahu ohybem i v tlaku srovnatelné s hodnotami dosaženými u referenční směsi s MKS.



Obr.23 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



Obr.24 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tlaku

6.2.3 MasterFiber 401 - MKS

Receptura: 450 g	VGS
1350 g	normového písku
200 g	H ₂ O
89 g	aktivátoru – MKS
5 g	MasterFiber 401

Výsledky:

Výsledné hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u směsi s vlákny MasterFiber 401 po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 11). Vzorky po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou zobrazeny na obrázcích (Obr. 25-26).

Tab. 11 Průměrné hodnoty směsi s Vláknem MasterFiber 401

MKS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
MF-401 1	1	2310	30,1	3,4
MF-401 7	7	2310	62,2	6,6
MF-401 28	28	2330	88,4	6,7
MF-401 60	60	2340	100,2	7,5
MF-401 90	90	2300	84,6	7,1

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2300 až 2340 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností minimální, po 90 dnech zrání byl u těles zaznamenán patrný pokles pevnosti v tlaku. U pevností v tahu za ohybu bylo po 60 dnech zrání dosaženo hodnot kolem 7,5 MPa, po 90 dnech zrání byl rovněž zaznamenán pokles pevnosti. U směsi byly pevnosti v tahu ohybem i v tlaku srovnatelné s hodnotami dosaženými u referenční směsi s MKS, pevnosti v tlaku byly mírně vyšší, pevnosti v tahu ohybem naopak nižší než u referenční receptury.



Obr.25 Směs s vlákny MasterFiber 401 po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



Obr.26 Směs s vlákny MasterFiber 401 po stanovení pevnosti v tlaku

6.2.4 MasterFiber 400 - MKS

Receptura: 450 g	VGS
1350 g	normového písku
200 g	H ₂ O
89 g	aktivátoru – MKS
5 g	MasterFiber 400

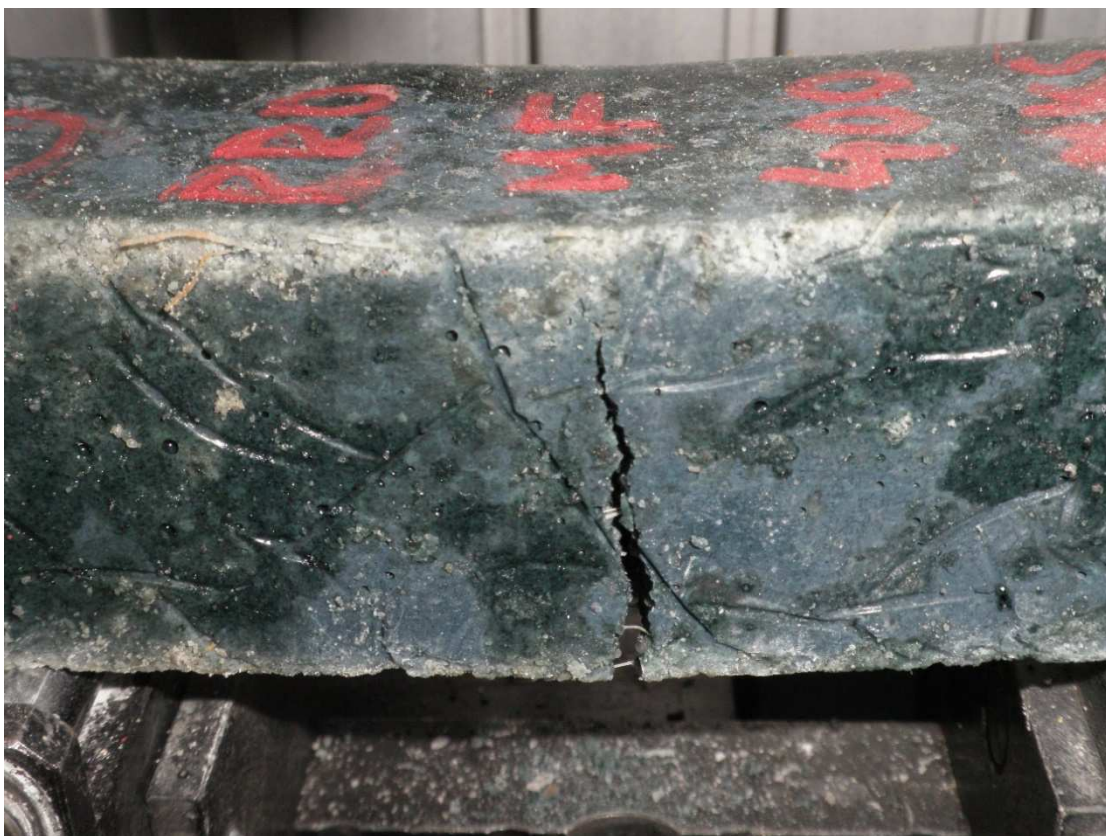
Výsledky:

Naměřené hodnoty objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu u této směsi s vlákny MasterFiber 400 po 1, 7, 28, 60 a 90 dnech jsou uvedeny v tabulce (Tab. 12). Vzorky po stanovení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu jsou na Obr. 27 - 28.

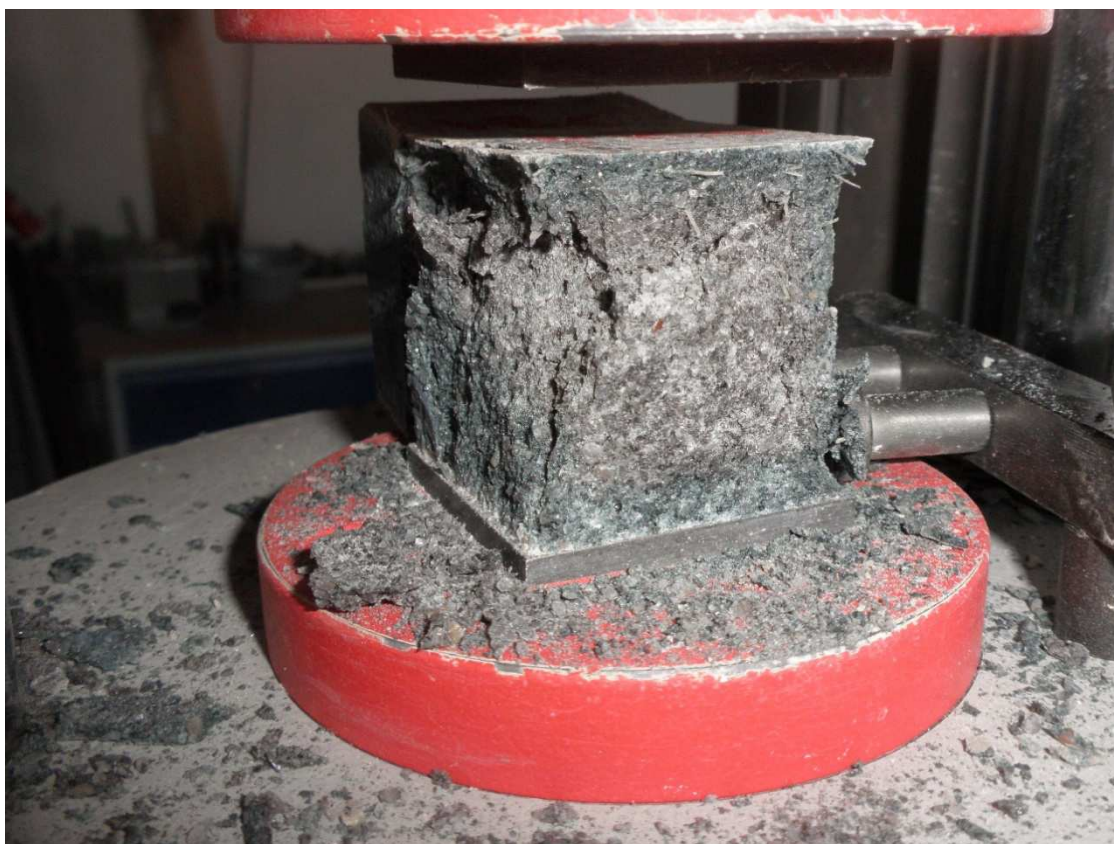
Tab. 11 Průměrné hodnoty směsi s Vláknem MasterFiber 400

MKS				
OZN.	Stáří	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
Jednotky	Dny	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]
MF-400 1	1	2330	26,1	3,6
MF-400 7	7	2310	61,1	6,0
MF-400 28	28	2310	81,9	6,6
MF-400 60	60	2330	94,1	7,2
MF-400 90	90	2330	72,3	7,3

Objemová hmotnost této směsi se pohybuje v rozmezí cca 2310 až 2330 kg/m³. Největší nárůst pevnosti v tlaku je v prvních 28 dnech zrání, po 28 dnech je nárůst pevností minimální, po 90 dnech zrání byl u těles zaznamenán patrný pokles pevnosti v tlaku. U pevností v tahu za ohybu bylo po 60 dnech zrání dosaženo hodnot kolem 7 MPa. U směsi byly pevnosti v tahu ohybem i v tlaku srovnatelné s hodnotami dosaženými u referenční směsi s MKS.



Obr.27 Směs s vlákny MasterFiber400 po stanovení pevnosti v tahu za ohybu



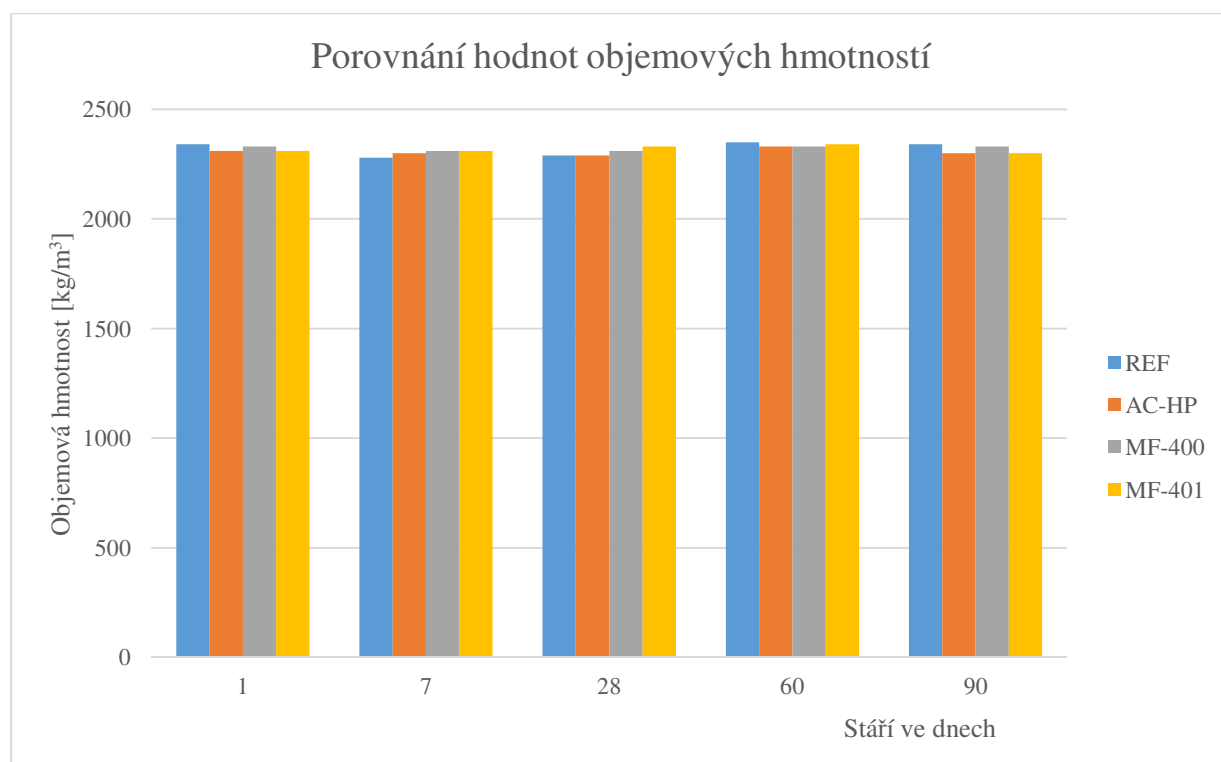
Obr.28 Směs s vlákny MasterFiber400 po stanovení pevnosti v tlaku

6.2.5 Vyhodnocení směsí s MKS

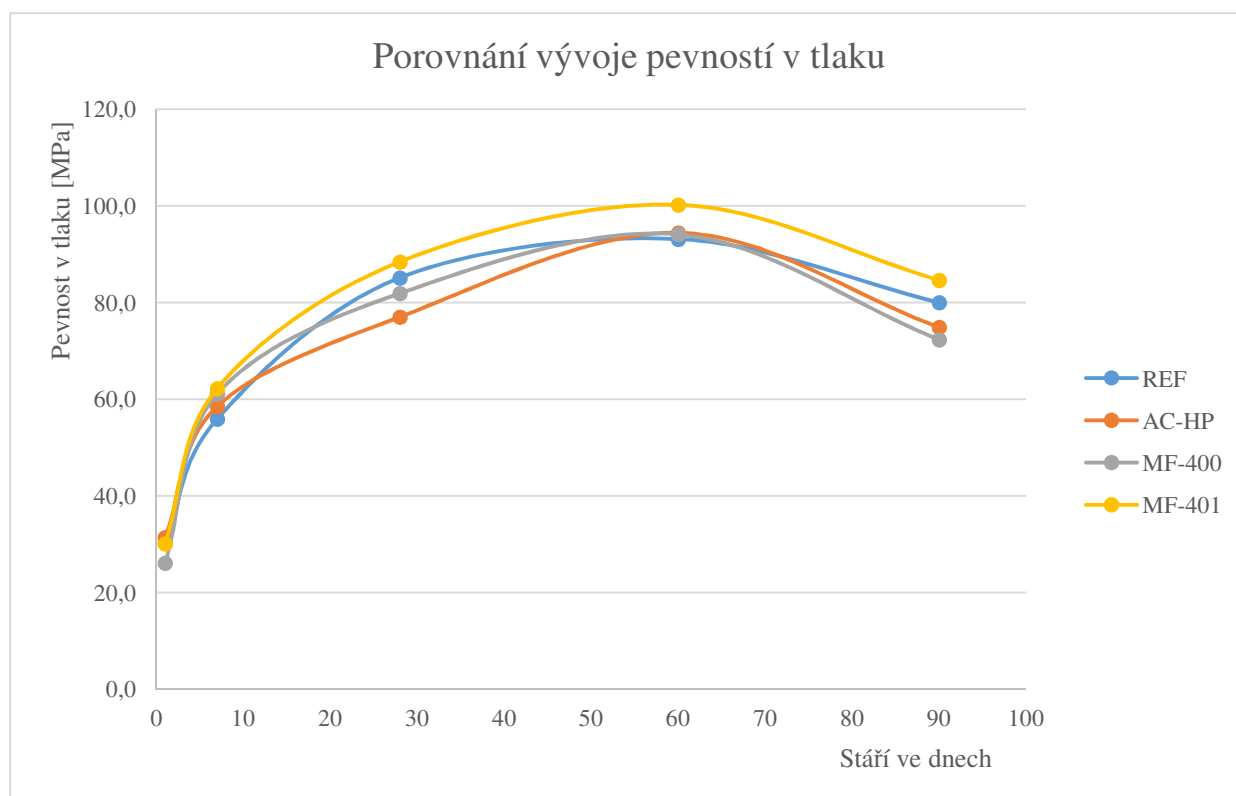
Zobrazení hodnot objemových hmotností jednotlivých směsí v závislosti na stáří vzorku je znázorněno na Obr. 29. Objemové hmotnosti všech vzorků se pohybovaly v rozmezí 2280 – 2350 kg/m³.

Pevnosti v tlaku jsou znázorněny na Obr. 30. Z grafu je patrné, že největší nárůst pevností je v prvních dnech zrání směsi, maxima je dosahováno po 60 dnech zrání. Nejvyšší hodnoty byly dosaženy u směsi s vlákny MasterFiber 401. Po 60 dnech zrání došlo u všech směsí k poklesům pevností v tlaku, tento pokles v některých případech činil téměř 20 MPa, což odpovídá snížení původní maximální zjištěné pevnosti v tlaku vždy o cca 20 %.

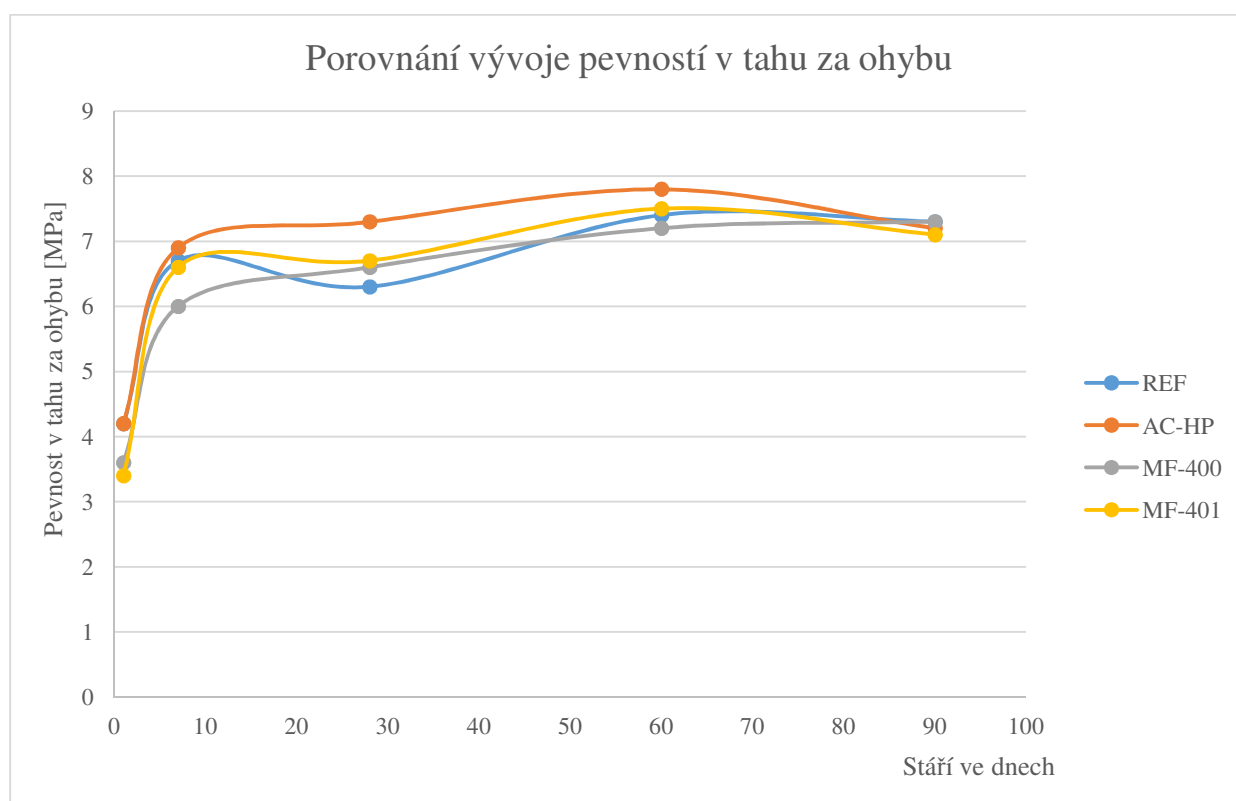
Hodnoty pevnosti v tahu za ohybu jsou graficky znázorněny na Obr. 31. Nejvyšší hodnoty pevnosti v tahu za ohybu bylo dosaženo u směsi s vlákny Anti-Crak HP po 60 dnech zrání směsi. Následně došlo u směsí po 60 dnech zrání k poklesům u pevností v tahu za ohybu. Největší pokles oproti dříve naměřenému maximu činil cca 10 %. Pouze u vláken MasterFiber 400 byl zaznamenán mírný růst pevností v tahu za ohybu.



Obr.29 Znáznornění jednotlivých hodnot objemových hmotnosti v grafu



Obr.30 Vynesení hodnot pevností v tlaku do grafu



Obr.31 Vynesení hodnot pevností v tahu za ohybu do grafu

6.3 Stanovení objemové hmotnosti a dynamického modulu pružnosti

Stáří vzorků při stanovení dynamického modulu pružnosti bylo 28 dnů.

6.3.1 Tělesa připravená s NaVS

Příprava těchto směsí probíhala v 25 l nádobě za pomoci ručního míchače. Receptura těchto směsí je shodná s již dříve popsány mi směs mi. Suroviny byly nadávkovány pro předem vypočtený objem 6,4 l směsi. Vypočtené dávky surovin pro objem 6,4 l referenční směsi jsou uvedeny jako receptura A. Receptury B, C a D se liší pouze typem a množstvím vláken. Množství základní suroviny je shodné s referenční směsí. Při tomto experimentu nebyla používána vlákna MasterFiber 400. Místo toho bylo u jedné ze směsí s vlákny MasterFiber 401 (která při stanovení pevností v tahu za ohybu po 28 dnech zrání dosahovala nejvyšších hodnot) zvýšeno dávkování, jež odpovídalo dávce 30 kg vláken na 1 m³ směsi a jež je doporučováno výrobcem jako množství pro přípravu VHPC betonů. U této směsi došlo ke zvýšení dávky záměsové vody o 68 g pro umožnění dokonalejšího promíchání připravované směsi. Vlivem vysokého množství vláken byla směs velmi těžce zpracovatelná. Naměřené hodnoty jednotlivých veličin jsou uvedeny v tabulce (Tab. 12).

Receptura:	A)	3200 g	VGS
		9600 g	normového písku
		711,1 g	H ₂ O
		1237 g	aktivátoru – NaVS
	B)	36 g	MasterFiber 401
	C)	36 g	Anti-Crak HP
	D)	192 g	MasterFiber 401 + 68g H ₂ O

Tab. 12 Naměřené hodnoty u směsí s NaVS

NaVS								
Označení	m [kg]	š [mm]	v [mm]	l [mm]	t [μs]	v _L [km/s]	E _{cu} [GPa]	ρ [kg/m ³]
AC-HP	13,8	200	38,57	798	196,40	0,004	37,0	2240
MF 401 - 5g	13,8	197	38,46	798	192,24	0,004	39,3	2280
MF 401 - 30kg/m ³	13,45	200	38,52	800	195,08	0,004	36,7	2180
REF	13,95	201	39,06	800	190,2	0,004	39,3	2220

6.3.2 Tělesa připravená s MKS

Příprava těchto směsí probíhala v 25 l nádobě za pomoci ručního míchače. Receptura těchto směsí je shodná s již dříve popsány mi směs mi. Suroviny byly dávkovány pro objem 6,4 l směsí. Vypočtené dávky surovin pro objem 6,4 l referenční směsí jsou uvedeny jako receptura A. Receptury B, C a D se liší pouze typem vláken a množstvím vláken. Množství základní suroviny je shodné s referenční směsí. Při tomto experimentu nebyla používána vlákna MasterFiber 400 tak, aby výsledky byly porovnatelné s recepturami na bázi NaVS. Místo toho bylo u jedné ze směsí s vlákny MasterFiber 401 zvýšeno dávkování, které odpovídalo dávce 30 kg vláken na 1 m³ směsí. U této směsí došlo ke zvýšení dávky záměsové vody o 127 g pro umožnění dokonalejšího promíchání připravované směsí. Vlivem vysokého množství vláken byla tato směs velmi těžce zpracovatelná. Naměřené hodnoty jednotlivých veličin jsou uvedeny v tabulce (Tab. 13).

Receptura:	A)	3200 g	VGS
		9600 g	normového písku
		1422 g	H ₂ O
		633 g	aktivátoru – MKS
	B)	36 g	MasterFiber 401
	C)	36 g	Anti-Crak HP
	D)	192 g	MasterFiber 401 + 127g H ₂ O

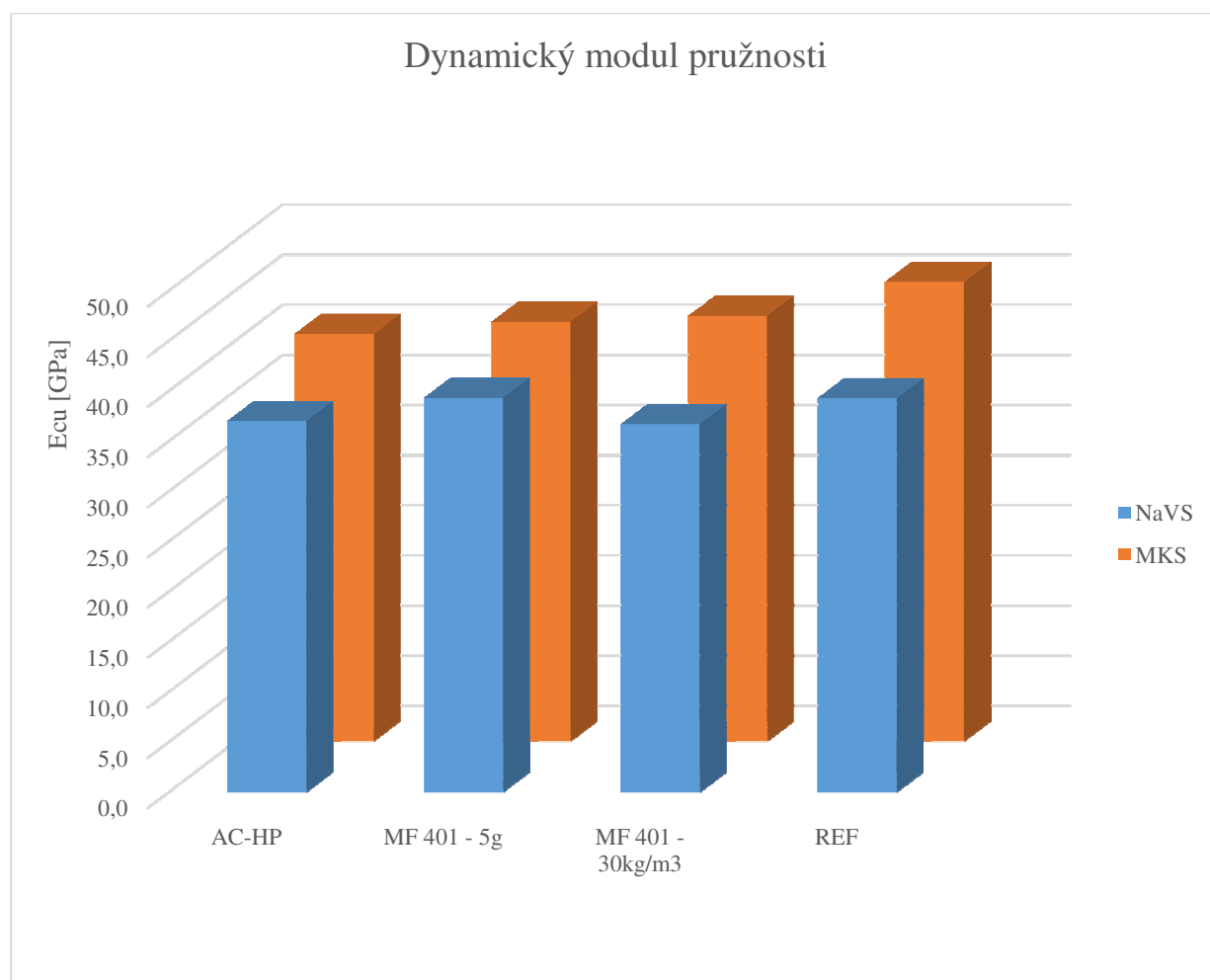
Tab. 13 Naměřené hodnoty u směsí s MKS

MKS								
Označení	m [kg]	š [mm]	v [mm]	l [mm]	t [μs]	v _L [km/s]	E _{cu} [GPa]	ρ [kg/m ³]
AC-HP	14,6	197	40,41	800	190,06	0,004	40,6	2290
MF 401 - 5g	14,6	201	40,86	800	184,42	0,004	41,8	2220
MF 401 - 30kg/m ³	13,5	197	37,06	798	186,52	0,004	42,4	2310
REF	14,2	199	38,59	800	179,7	0,004	45,8	2310

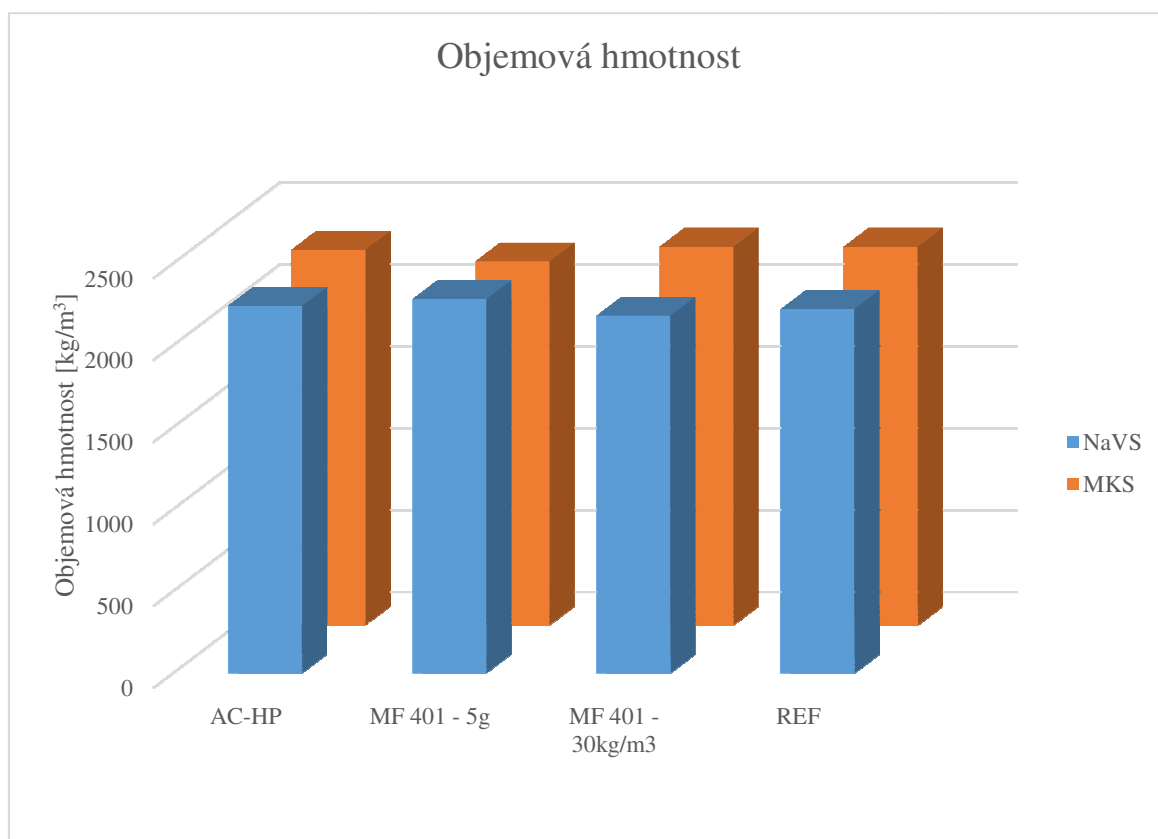
6.3.3 Vyhodnocení

Průměrné hodnoty dynamického modulu pružnosti (Obr. 32) a objemové hmotnosti (Obr. 33) jsou zaneseny do grafů. Směsi připravené s MKS dosahují vyšších hodnot dynamického modulu pružnosti u všech zkoumaných směsí než u směsí s NaVS. Nejvyšší hodnoty dynamického modulu pružnosti dosáhla referenční směs připravená s MKS a nejnižší hodnoty směs se sodným vodním sklem s dávkováním vláken 30kg/m^3 .

Hodnoty objemových hmotností vycházely vyšší u směsí s MKS kromě jediné výjimky, kdy u směsí s vlákny MasterFiber 401 při nižší dávce těchto vláken byla objemová hmotnost vyšší u směsí s vodním sklem. Nejnižší hodnoty objemové hmotnosti bylo dosaženo u směsí s vodním sklem při použití vláken MasterFiber 401 a jejich dávkování odpovídající 30 kg/m^3 . Naopak nejvyšších hodnot bylo dosaženo u referenční směsí s MKS a u směsí MKS s vlákny MasterFiber 401 při dávkování 30 kg/m^3 .



Obr.32 Znáznornění průměrných hodnot dynamického modulu pružnosti v grafu



Obr.33 Znázornění průměrných hodnot objemových hmotností v grafu

6.4 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a průhybu

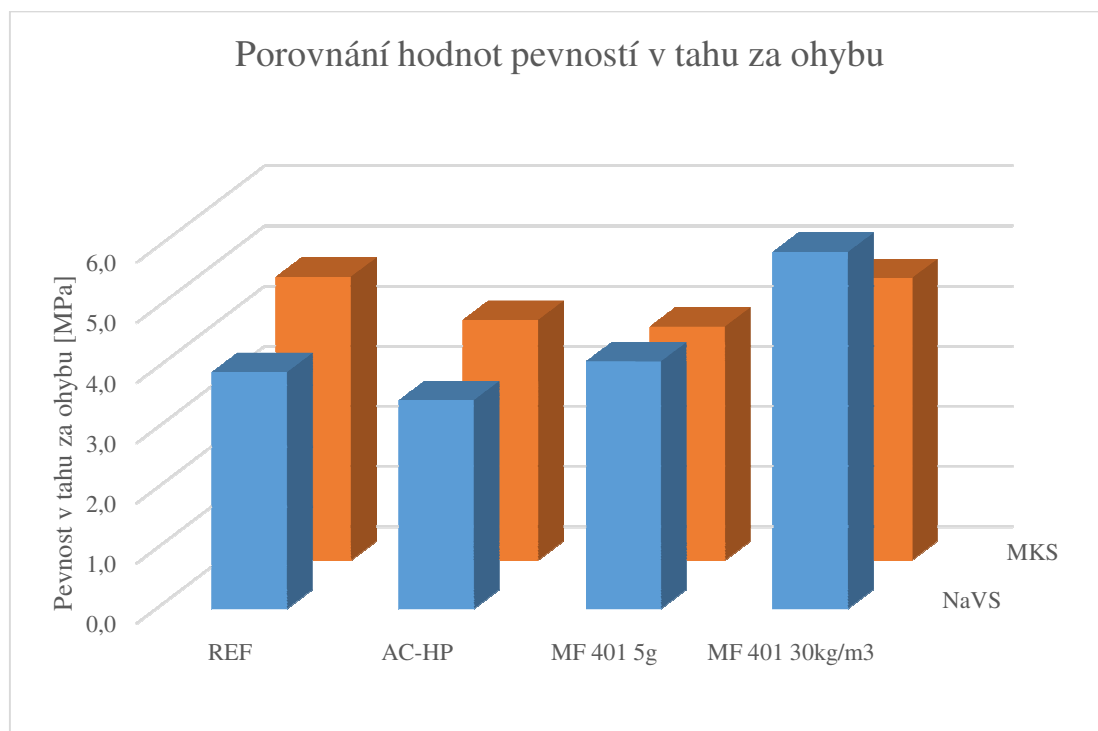
Směsi použité při těchto zkouškách jsou shodné se směsmi popsanými v kapitolách 6.3.1 a 6.3.2. Stáří vzorků bylo 28 dní. Hodnoty jednotlivých pevností jsou uvedeny v tabulce (Tab. 14).

Tab. 14 Hodnoty pevností v tahu za ohybu

Označení		Síla [kN]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]
NaVS	REF	1,54	3,9
	AC-HP	1,32	3,5
	MF 401 5g	1,53	4,1
	MF 401 30kg/m ³	2,26	5,9
MKS	REF	1,79	4,7
	AC-HP	1,65	4,0
	MF 401 5g	1,67	3,9
	MF 401 30kg/m ³	1,63	4,7

6.4.1 Vyhodnocení pevnosti v tahu za ohybu

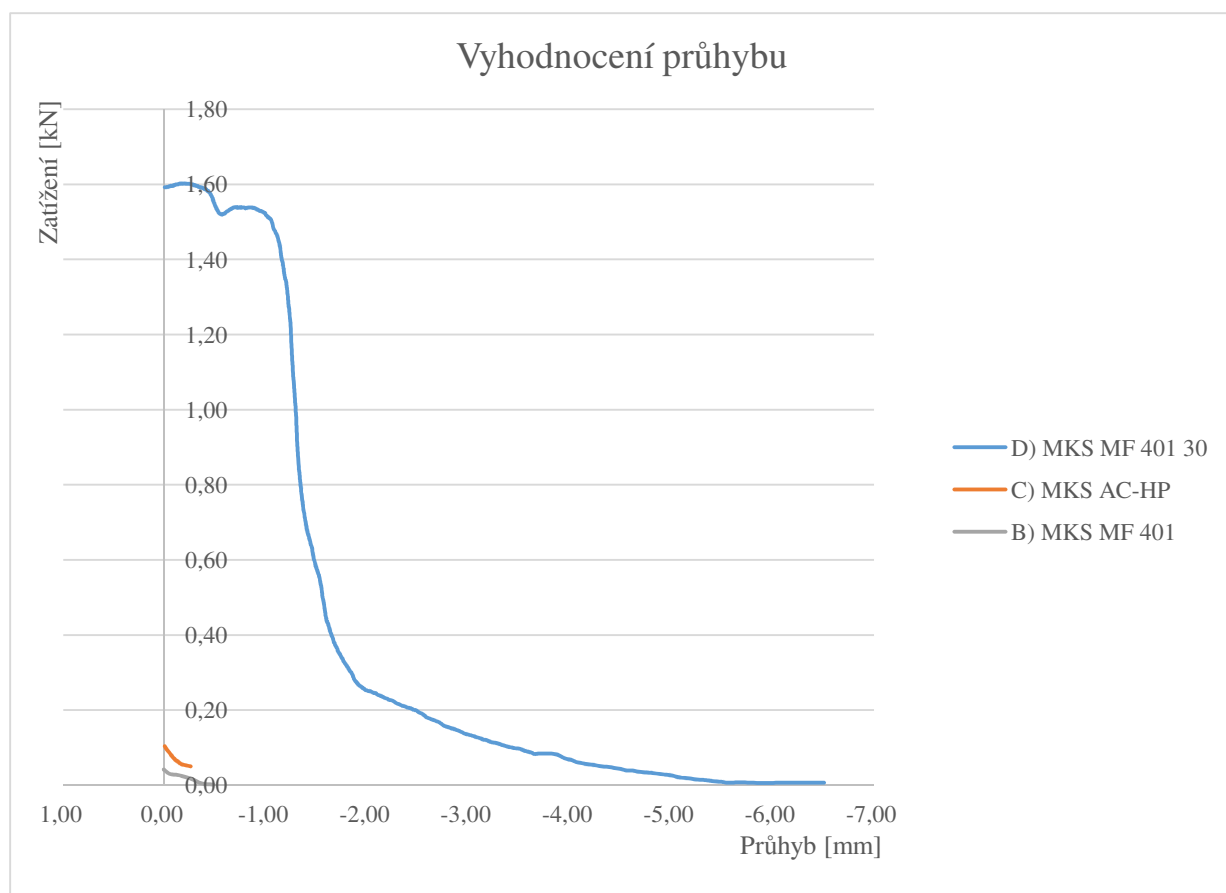
Jednotlivé hodnoty pevností v tahu za ohybu jsou vyneseny do grafu (Obr. 34). Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty pevnosti v tahu dosahuje směs s NaVS při použití vláken MasterFiber 401 a jejich dávkování odpovídající 30 kg/m^3 . Naopak nejnižší hodnoty dosahuje směs s NaVS při použití vláken Anti-Crak HP. Nejvyšších hodnot u směsí s MKS bylo dosaženo u referenční směsi a u směsi s vlákny MasterFiber 401 při jejich dávkování odpovídající 30 kg/m^3 .



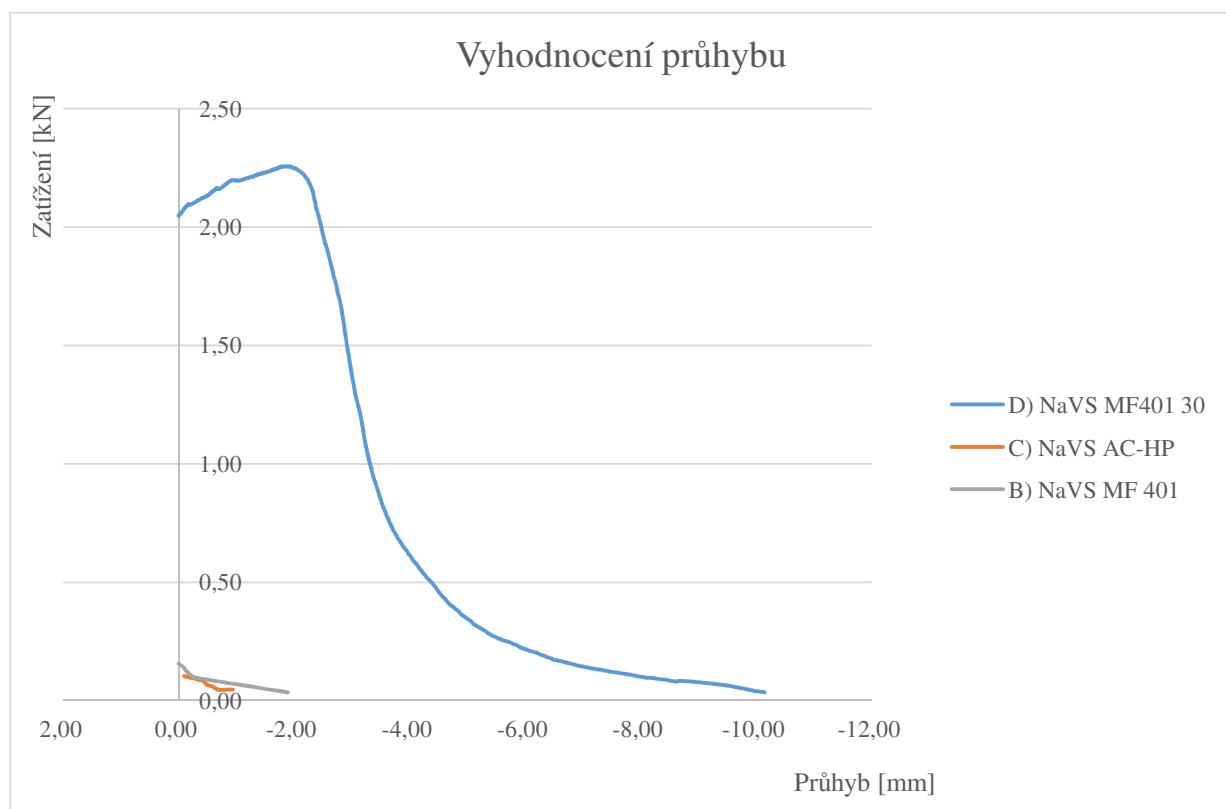
Obr.34 Znáznornění pevností v tahu za ohybu

6.4.2 Vyhodnocení průhybu

Jako u jediných směsí došlo k výraznějšímu průhybu při použití vláken MasterFiber 401 při dávkování odpovídající 30 kg/m^3 (Obr. 37 - 40). Výsledné průhyby těchto dvou směsí jsou znázorněny na Obr. 35 - 36. Vyšších hodnot průhybu bylo dosaženo u směsi s NaVS. Co se týče referenčních směsí, u těch došlo k přelomení jen s minimálním průhybem. U zbylých směsí s nízkým obsahem vláken došlo jen k nepatrným průhybům v řádech několika desetin milimetrů.



Obr.35 Výsledné zobrazení průhybu u směsí s MKS



Obr.36 Výsledné zobrazení průhybu u směsí s NaVS



Obr.37 Průhyb tělesa u směsi NaVS – MF401 30 kg/m³



Obr.38 Vznik trhlin při průhybu u směsi NaVS – MF401 30 kg/m³



Obr.39 Průhyb tělesa u směsi MKS – MF401 30 kg/m³



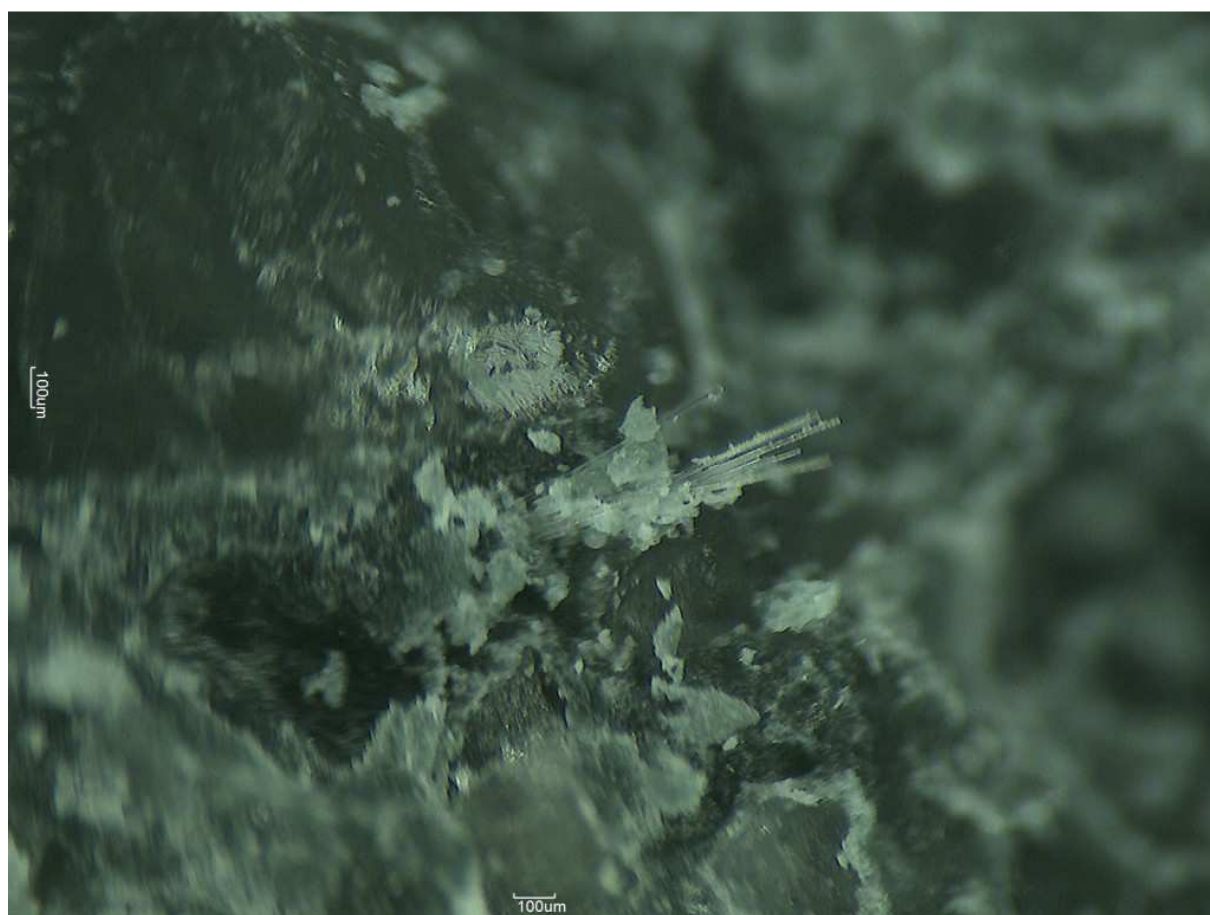
Obr.40 Vznik trhlin při průhybu u směsi MKS – MF401 30 kg/m³

6.5 Snímky ze stereoskopického mikroskopu

Jedná se o snímky ze Stereoskopického mikroskopu STM 723.

6.5.1 Vlákně Anti-Crak HP - MKS

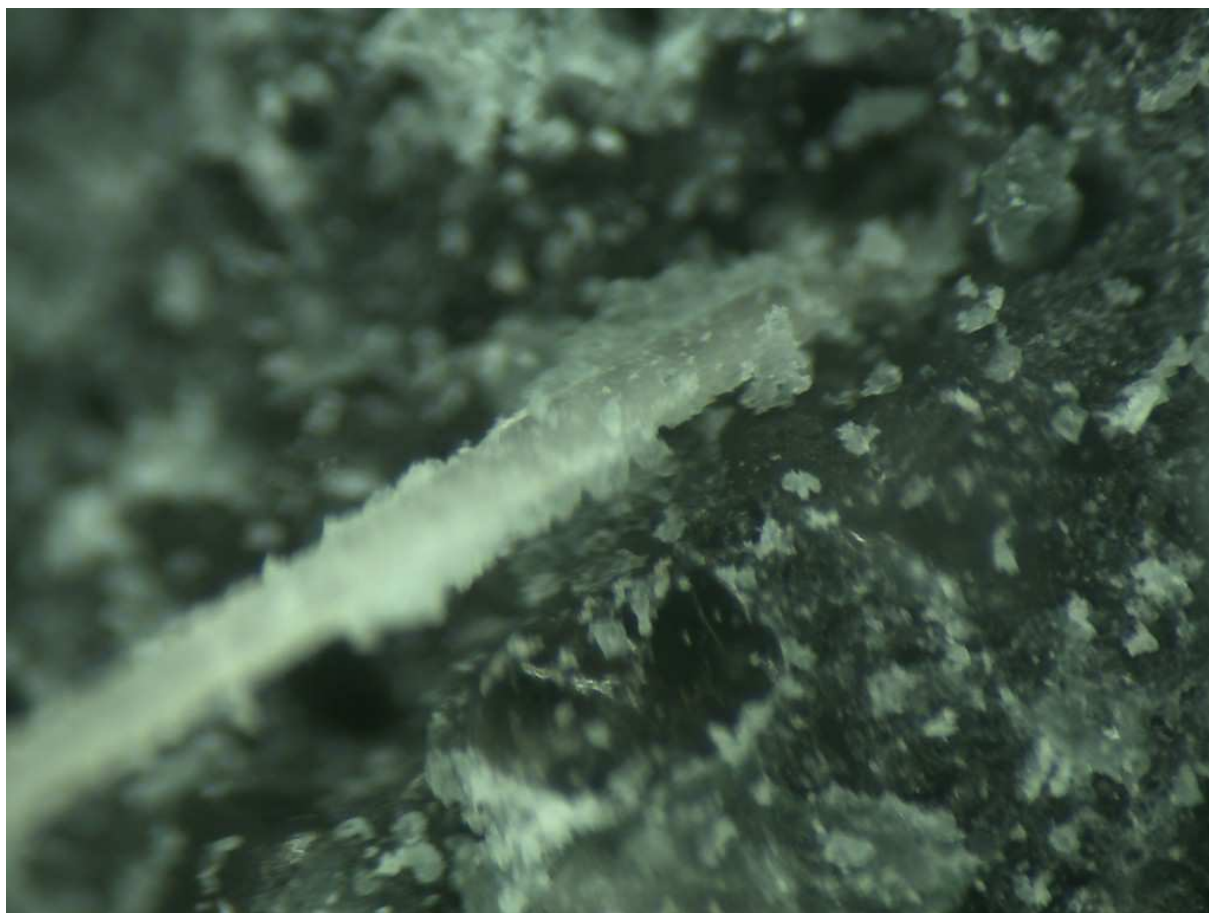
Na snímku ze stereoskopického mikroskopu (Obr. 41) je zachyceno vlákno Anti-Crak HP v expozici alkalicky aktivovaného materiálu na bázi jemně mleté vysokopecní granulované strusky aktivované MKS. Snímek byl 80 krát zvětšen. Snímek byl pořízen po stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku po 90 dnech zrání směsi. Ze snímku je patrné, že došlo k přetržení vlákna a k jeho rozvláknění na monovlákná. Ze snímku však není i vlivem nízkého rozlišení patrné, zda rozvláknění bylo způsobeno vlivem silně alkalického prostředí, čímž by došlo k rozložení lubrikace a následnému rozvláknění a narušení struktury vláken, nebo zda je rozvláknění způsobeno pouze uplatněním vláken při zatěžování tělesa.



Obr. 41 Snímek vlákna Anti-Crak HP ze stereoskopického mikroskopu

6.5.2 Vláknno MasterFiber 401 - MKS

Na snímku ze stereoskopického mikroskopu (Obr. 42) jde vidět vlákno MasterFiber 401 v expozici alkalicky aktivovaného materiálu na bázi jemně mleté vysokopecní granulované strusky aktivované MKS. Snímek byl 80 krát zvětšen. Snímek byl pořízen po stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku po 90 dnech zrání směsi. Ze snímku je patrné, že došlo k vytržení vlákna z matrice.



Obr. 42 Snímek vlákna MasterFiber 401 ze stereoskopického mikroskopu

7. Závěr

Cílem práce bylo porovnání vlastností alkalicky aktivovaných materiálů na bázi jemně mleté granulované vysokopecní strusky, jež byly vyztužené různými typy vláken. Praktická část práce byla rozdělena do několika fází.

Úkolem bakalářské práce bylo stanovení základních mechanicko-fyzikálních vlastností. V experimentální části bylo použito pro přípravu alkalicky aktivovaných materiálů dvou aktivátorů (sodné vodní sklo a metakřemičitan disodný bezvodý). Vláknem byla použita alkalivzdorná skleněná vlákna Anti-Crak HP – 12mm a polyvinylalkoholová vlákna MasterFiber 400 a Masterfiber 401.

Při použití sodného vodního skla jako aktivátoru bylo dosaženo nejvyšších pevností v tlaku u směsi vyztužené vlákny MasterFiber 400. Po 90 dnech zrání dosahovaly všechny směsi vyztužené vlákny vyšších hodnot pevností než referenční směs, u všech směsí včetně referenční se konečné pevnosti v tlaku po 90 dnech pohybovaly mezi 100 – 120 MPa.

U pevností v tahu za ohybu bylo dosaženo nejvyšších hodnot 28 denních pevností u směsi vyztužené vlákny MasterFiber 401. Po 28 dnech došlo k poklesům pevnosti v tahu za ohybu u všech směsí. Po 90 dnech zrání dosahovala nejvyšších pevností směs s vlákny Anti-Crak HP, pevnosti v tahu za ohybu směsí po 90 dnech se pohybovaly v rozmezí od 7 do 9 MPa.

Při použití aktivátoru metakřemičitanu disodného bezvodého nebylo dosaženo tak vysokých hodnot pevností v tlaku i v tahu za ohybu jako u směsí s NaVS. U pevností v tlaku došlo po 60 dnech zrání k výrazným poklesům hodnot u všech směsí včetně referenční. U pevností v tahu za ohybu došlo pouze k nepatrným poklesům po 60 dnech zrání směsí, u směsi s vlákny MasterFiber 400 byl, jako u jediné, zaznamenán nepatrný nárůst.

V další části práce byl stanoven dynamický modul pružnosti. Veškeré směsi připravené z metakřemičitanu dosahovaly vyšších hodnot než směsi připravené se sodným vodním sklem. Nejvyšší hodnoty bylo dosaženo u referenční směsi připravené s MKS. Naopak nejnižších hodnot bylo dosaženo u směsi se sodným vodním sklem s vlákny MasterFiber 401 při dávkování 30 kg/m^3 .

Při stanovení pevností v tahu za ohybu u deskových těles byly dle předpokladu nejvyšší hodnoty naměřeny u směsí se sodným vodním sklem s použitím vláken MasterFiber 401 a jejich dávkování odpovídající 30 kg/m^3 . Nejnižší hodnoty dosahovala směs na bázi

NaVS s vlákny Anti-Crak HP, referenční receptura dosahovala téměř stejných hodnot, jako směs s vlákny MasterFiber 401.

U směsí s metakřemičitanem bylo dosaženo nejvyšších hodnot s vlákny MasterFiber 401 při jejich dávkování odpovídající 30 kg/m^3 a překvapivě také u referenční směsi.

Při vyhodnocení průhybu byl výraznější průhyb zaznamenán pouze u směsi se zvýšeným obsahem vláken odpovídající 30 kg/m^3 . Většího průhybu bylo dosaženo u směsi aktivované sodným vodním sklem. U referenčních směsí došlo ke zlomení těles dříve, než byl zaznamenán jakýkoliv průhyb, a u směsí, které byly vyztuženy vlákny při nižším dávkování, byl průhyb jen v desetinách milimetrů.

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že hmoty připravené na bázi sodného vodního skla dosahují vyšších pevností v tlaku, než směsi aktivované metakřemičitanem sodným a nedochází u nich k tak výrazným poklesům těchto pevností v průběhu sledovaného období. U pevností v tahu za ohybu je situace opačná, tedy k výraznějším poklesům dochází u směsí se sodným vodním sklem, výsledné naměřené hodnoty u obou typů směsí jsou však po 90 dnech zrání velmi podobné.

Dále je možné na základě zjištěných faktů prohlásit, že u těles připravených na bázi alkalicky aktivované vysokopecní strusky pomocí sodného vodního skla pevnosti v tlaku i po 28 dnech zrání narůstají a použití vláken se projevilo pozitivním způsobem, nárůst pevností však činil pouze 5 – 15 %. U pevností v tahu za ohybu je maxima dosaženo po 28 dnech zrání a poté klesají, příznivý vliv použití vláken nebyl v tomto případě prokázán.

U směsí aktivovaných MKS dochází po 60 dnech zrání k poklesu pevností, v tlaku vždy o cca 20 % dosaženého maxima u jednotlivých směsí, u pevností v tahu za ohybu byl pokles jen mírný. Pozitivní vliv vláken se u tohoto systému nepotvrdil.

Při stanovení pevností v tahu za ohybu na deskových tělesech byly nejvyšší hodnoty dosaženy u receptury MasterFiber 401 s doporučeným dávkováním vláken výrobce, v celkovém kontextu naměřených výsledků se však jeví použití vláken, navíc v tomto množství, při ceně cca 640,- Kč/kg vláken jako neekonomické a neefektivní.

Jednoznačně pozitivní vliv vláken v systému byl nakonec prokázán pouze při měření průhybu tělesa při čtyřbodovém ohybu.

Na základě pozorování stereoskopickým mikroskopem lze konstatovat, že v rámci použití především skleněných vláken je nutné sledovat jejich chování v alkalicky aktivovaném systému v průběhu zrání, neboť pH těchto kompozitů je vyšší, než pH betonů na bázi portlandského cementu a alkalivzdorná lubrikace by v tomto případě nemusela být dostačující.

8. Poděkování

Děkuji především vedoucí bakalářské práce, Ing. Janě Boháčové, za konzultace, pomoc při práci a cenné rady. Také děkuji Katedře stavebních hmot a diagnostiky staveb a Laboratoři stavebních hmot FAST za pomoc při výzkumné práci.

9. Použitá literatura

- [1] Boháčová, J. *Studium vlivu různých typů plniv na vlastnosti geopolymerních systémů na bázi alkalicky aktivovaných strusek*, VŠB – TUO, 2008
- [2] Brandštetr, J. *Alkalické cementy a betony*. SILIKA 2000
- [3] Brandštetr, J., Koloušek, D., Vorel, J., Opravil, T., Bayer, P.: *Geopolymery, geopolymerní cementy a betony*. SILIKA, č.7 - 8, s.208-211, (2005)
- [4] *Český lékopis 2009:doplňk 2013*, Praha Grada, 2013. ISBN 678-80-247-4679-1
- [5] ČSN 73 1371 – *Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*, Český normalizační institut, 2011
- [6] ČSN EN 1008 – *Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu*, Český normalizační institut, 2003
- [7] ČSN EN 12390-3 – *Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*, Český normalizační institut, 2009
- [8] ČSN EN 196-1. *Metody zkoušení cementu: Část 1: Stanovení pevnosti*. Český normalizační institut, 2005
- [9] ČSN EN 196-3 - *Metody zkoušení cementu - Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti*, Český normalizační institut, 2005
- [10] <http://sklocement.cz/>, Sklocement Beneš s.r.o. [cit. 28. 2. 2016]
- [11] <http://www.basf-sh.cz/>, BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. [cit. 27. 2. 2016]
- [12] <http://www.eurosarm.cz> [cit. 12. 2. 2016]
- [13] <http://www.nycon.com/>, Nycon Corporation, Nycon Headquarters, USA [cit. 27. 2. 2016]
- [14] <http://www.pentachemicals.eu> [cit. 2. 3. 2016]
- [15] <http://www.petroleum.cz/>, Ústav technologie ropy a alternativních paliv, cit.
- [16] <http://z-moravec.net/chemie/sol-gel-metody/> [cit. 15. 1. 2016]
- [17] kolektiv autorů: *Současný stav výzkumu v oblasti geopolimerů*. Česká rozvojová agentura, O.P.S, 385 s., 2005
- [18] Koňářík, J. *Vliv aktivátoru na základní vlastnosti alkalicky aktivovaných systémů*, VŠB – TUO, 2014
- [19] Kresta, F. *Druhotné suroviny v dopravním stavitelství*. VŠB TUO, 2012. ISBN 97880-24828909.

- [20] masterbuilder.co.in [cit. 13. 4. 2016]
- [21] Pospíšil, L. *Polymery a plasty v praxi, Polypropylen_3-2013*
- [22] Pospíšil, L. *Polymery a plasty v praxi, polyuretany_10-2014*
- [23] Pytlík, P. *Technologie betonu* 2. vyd. Brno, VUTIUM, 2000 Učebnice (VUTIM). ISBN 80-214-1647-5
- [24] Straka, P. *Využívání odpadů ve výrobě stavebních hmot, Využití geopolymerních kompozitů pro účely obnovy a restaurování památek*, MMR, Česká rozvojová agentura o.p.s.
- [25] Svoboda, L. a kol. *Stavební hmoty*, Praha, 2013. 3. vydání, dostupné on-line
- [26] Škvára, F. *Alkalicky aktivované materiály - geopolymery*. Praha, 2007. ISBN 978-80-7080-004-1. Dostupné z <http://www.vscht.cz>, VŠTCHT v Praze, Ústav skla a keramiky
- [27] Švrčinová, R. *Materiálové využití strusek z železa a oceli*. VŠB-TUO. Fakulta metalurgie a materiálové inženýrství, 2010 Ostrava, 32s.
- [28] Vlček, J. *Materiálové využití strusek z metalurgie železa a oceli metodou alkalické aktivace*. Habilitační práce MS FMMI VŠB-TUO, 101 s. (2008)
- [29] www.cemex.co.uk [cit 20. 2. 2016]
- [30] www.ebeton.cz [cit. 14. 3. 2016]
- [31] www.kotouc.cz [cit. 14. 3. 2016]

10. Seznam obrázků:

Obr. 1 Chemická vazba geopolymery [17]	12
Obr. 2 Struktura geopolymery [27]	12
Obr. 3 Typy ocelových drátků do betonu [20]	15
Obr. 4 Pracovní diagram betonu a drátkobetonu [23]	16
Obr. 5 Skleněná vlákna Cem-FIL v betonu [10]	17
Obr. 6 Struktura základního řetězce izotaktického polypropylenu [15]	18
Obr. 7 Monofilamentní polypropylenová vlákna [30]	19
Obr. 8 Polyvinylalkoholová vlákna Nycon – PVA RMS 702 [13]	20
Obr. 9 Schéma čtyřbodového ohybu [26]	28
Obr. 10 Trámeček referenční směsi po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	30
Obr. 11 Těleso referenční směsi po stanovení pevnosti v tlaku	30
Obr. 12 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	32
Obr. 13 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tlaku	32
Obr. 14 Směs s vlákny MasterFiber 401 po zkoušce pevnost v tahu za ohybu	34
Obr. 15 Směs s vlákny MasterFiber 401 po zkoušce pevnosti tlaku	34
Obr. 16 Směs s vlákny MasterFiber 400 po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	36
Obr. 17 Směs s vlákny MasterFiber 400 po stanovení pevnosti v tlaku	36
Obr. 18 Znázornění objemových hmotností receptur	37
Obr. 19 Znázornění vývoje pevností v tlaku v čase	38
Obr. 20 Znázornění vývoje pevností v tahu za ohybu v čase	38
Obr. 21 Referenční směs po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	40
Obr. 22 Referenční směs po stanovení pevnosti v tlaku	40
Obr. 23 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	42
Obr. 24 Směs s vlákny Anti-Crak HP po stanovení pevnosti v tlaku	42
Obr. 25 Směs s vlákny MasterFiber 401 po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	44
Obr. 26 Směs s vlákny MasterFiber 401 po stanovení pevnosti v tlaku	44
Obr. 27 Směs s vlákny MasterFiber 400 po stanovení pevnosti v tahu za ohybu	46
Obr. 28 Směs s vlákny MasterFiber 400 po stanovení pevnosti v tlaku	46
Obr. 29 Znázornění jednotlivých hodnot objemových hmotností v grafu	47
Obr. 30 Vynesení hodnot pevností v tlaku do grafu	48
Obr. 31 Vynesení hodnot pevností v tahu za ohybu do grafu	48
Obr. 32 Znázornění průměrných hodnot dynamického modulu pružnosti v grafu	51
Obr. 33 Znázornění průměrných hodnot objemových hmotností v grafu	52
Obr. 34 Znázornění pevností v tahu za ohybu	53
Obr. 35 Výsledné zobrazení průhybu u směsí s MKS	54
Obr. 36 Výsledné zobrazení průhybu u směsí s NaVS	54
Obr. 37 Průhyb tělesa u směsi NaVS – MF401 30 kg/m ³	55
Obr. 38 Vznik trhlin při průhybu u směsi NaVS – MF401 30 kg/m ³	55
Obr. 39 Průhyb tělesa u směsi MKS – MF401 30 kg/m ³	56
Obr. 40 Vznik trhlin při průhybu u směsi MKS – MF401 30 kg/m ³	56
Obr. 41 Snímek vlákna Anti-Crak HP ze stereoskopického mikroskopu	57
Obr. 42 Snímek vlákna MasterFiber 401 ze stereoskopického mikroskopu	58

11. Seznam tabulek:

Tab. 1 Procentuální zastoupení chemických prvků ve strusce	21
Tab. 2 Zrnitost referenčního písku CEN	22
Tab. 3 Složení sodného vodního skla.....	22
Tab. 4 Složení metakřemičitanu disodného bezvodého	23
Tab. 5 Průměrné hodnoty referenční směsi NaVS	29
Tab. 6 Průměrné hodnoty směsi s vlákny Anti-Crak HP- 12mm.....	31
Tab. 7 Průměrné hodnoty směsi s vlákny MasterFiber 401	33
Tab. 8 Průměrné hodnoty směsi s vlákny MasterFiber 400	35
Tab. 9 Průměrné hodnoty referenční směsi.....	39
Tab. 10 Průměrné hodnoty směsi s vlákny Anti-Crak HP	41
Tab. 11 Průměrné hodnoty směsi s Vlákny MasterFiber 401	43
Tab. 11 Průměrné hodnoty směsi s Vlákny MasterFiber 400	45
Tab. 12 Naměřené hodnoty u směsí s NaVS.....	49
Tab. 13 Naměřené hodnoty u směsí s MKS.....	50
Tab. 14 Hodnoty pevností v tahu za ohybu.....	52

12. Seznam příloh

Příloha 1 Anti-Crak HP

Příloha 2 Masterfiber 401

Příloha 3 Vodní sklo Eurošarm

Příloha 4 Filtrační písek CEN

Příloha 5 Metakřemičitan disodný bezvodý

Příloha 6 Vysokopeční struska Kotouč Štramberk

Příloha 7 Hydroxid sodný

OCVTM ReinforcementsSKLOCEMENT
B E N E Š**Anti-Crak[®] HP**

INFORMACE O VÝROBKU

AR sekané prameny ke zvýšení mechanických vlastností betonu**POPIS VÝROBKU**

Anti-Crak[®] HP (High Performance) jsou technologicky dokonalé sekané prameny z AR alkalivzdorných skleněných vláken Cem-FIL určené pro vyztužování betonu, potěrů, stěrek, samonivelačních a reprofilačních hmot, omítek a malt. Prameny vláken **Anti-Crak[®] HP** mají optimalizovanou speciální povrchovou úpravu zaručující odolnost pramene proti abrazi a současně integritu pramene během míchání betonové směsi. Integrované prameny vláken jsou low-tex, mají nízkou délkovou hmotnost, a proto je jejich výztužný efekt vysoký i při nízkých váhových dávkách ve srovnání s ocelovou výztuží.

**POUŽITÍ**

Anti-Crak[®] HP byl vyvinut k tomu, aby zlepšil mechanické vlastnosti betonových směsí. Je používán hlavně v podlahových betonech, potěrech a stěrkách a také při výrobě speciálních balených suchých směsí. Výztužná skleněná vlákna mají přibližně stejnou objemovou hmotnost jako beton a proto neklesají ve směsi ke dnu ani nevyplavávají k povrchu. Umožňují velmi homogenní rozptýlení pramenů v objemu betonu.

Anti-Crak[®] HP je také doporučován a používán pro stříkané betony a to i ve velmi agresivním prostředí a také pro hmoty protipožární ochrany konstrukčních prvků staveb.

VLASTNOSTI A PŘEDNOSTI VÝROBKU

• Alkalivzdorné prameny skleněných vláken s pevností v tahu 1700 MPa, modul pružnosti 72 GPa	• Zlepšuje mechanické vlastnosti betonu
• Prameny s nízkou délkovou hmotností Low-tex	• Zabraňuje vzniku trhlin
• Vysoká integrita pramene	• I při vysokých dávkách si směs zachovává dobrou zpracovatelnost
• Odolnost pramene proti abrazi	• Homogenní směs
• Snadné zapracování do směsi	• Bezpečná a snadná práce a manipulace

*Vlákna Cem-FIL Anti-Crak jsou vyráběna ze skloviny s vysokým obsahem zirkonia v souladu s ASTM C1666/C a EN 15422 a podle doporučení PCI a GRCA.

TECHNICKÉ PARAMETRY (NOMINÁLNÍ HODNOTY)

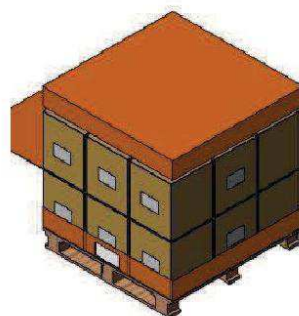
DÉLKA VLÁKNA	PRŮMĚR FILAMENTU	TEX	OBSAH LUBRIKANTU (%) ISO 1887 : 1980	VLHKOST (%) ISO 3344 : 1977
6 – 12 – 18 (mm)	14 µm	45	0,08	0,3 max

Anti-Crak® HP

AR sekané prameny ke zvýšení mechanických vlastností betonu

Sekané prameny vláken **Anti-Crak® HP** jsou baleny do big bagu nebo do individuálních plastových pytlů. Plastové pytle jsou uloženy na dřevěné paletě s vnějším lepenkovým obalem. Palety jsou ovinuty smršťovací folií a označeny dvěma štítky.

BALENÍ NA PALETÁCH



SKLADOVÁNÍ

Sekané prameny vláken **Anti-Crak® HP** by měly být skladovány v originálním obalu mimo horké a vlhké prostředí. Nejvhodnější podmínky skladování jsou:

Teplota: 15 °C – 35 °C

Vlhkost: 35 % – 65 %

Pokud je výrobek skladován při nižší teplotě, doporučuje se, aby se předešlo případné kondenzaci vody na výrobku, ponechat jej nejméně 24 hodin před použitím ve standardních podmínkách. OCV Reinforcements doporučuje použít při skladování metodu FIFO (první dovnitř, první ven).

KVALITA

Sekané prameny vláken **Anti-Crak® HP** jsou vyráběny v souladu se systémem řízení kvality schváleným podle ISO 9001. Veškerá průběžná produkce vláken Cem-FIL® je navíc předmětem nezávislého hodnocení a posouzení v Německu (Zulassung n° Z-3.72.1731).

**SKLOCEMENT
B E N E Š**

distributor vláken Cem-FIL pro ČR a Slovensko

Balení a dodávky skleněných alkalivzdorných vláken Cem-FIL **Anti-Crak® (62/2)**:

Označení - délka	Balení	Váha jednotky	Váha palety	Dodávky
Anti-Crak HP – 6 mm	kartonové krabice	22 kg	792 kg	palety, krabice
Anti-Crak HP – 12 mm	kartonové krabice	18 kg	648 kg	palety, krabice
Anti-Crak HP – 18 mm	kartonové krabice	18 kg	648 kg	palety

Rozměry palety 1140 x 1140 x 1100 mm.

SKLOCEMENT BENEŠ s. r. o.

Korunní 22

709 00 Ostrava

tel.: +420 596 620 750

fax: +420 596 620 757

e mail: info@sklocement.cz

www.sklocement.cz

MasterFiber 401

Konstrukční syntetické vlákno pro vyztužení vysoce a ultra vysoce odolného betonu (HPC & UPPC).

PŮSOBNÍ

- MasterFiber 401 je navržen s cílem poskytnout konstrukční vyztužení pro vysoce a ultra vysoce odolné betony.
- Díky bezkonkurenčně vysoké molekulární pevnosti PVA vláken v kontaktu s betonem je produkt MasterFiber 401 ideální pro vyztužení nebo kontrolu trhlin.
- Protože soudržnost s cementovou matricí je velmi vysoká, není nutné používat dlouhá vlákna a míchání je následně snadnější i u větších objemů vláken, které tak mohou zajistit, že konstrukce bude mít pružné vlastnosti.
- Tato vlákna jsou vhodná pro zásaditá prostředí, kde se požaduje vysoká odolnost proti chemickým látkám, pro korozivní nebo agresivní prostředí.

POUŽITÍ

MasterFiber 401 lze používat v následujících oblastech:

- Urbanistická vybavenost
- Betonové plochy
- Fasádní panely a jiné tenké prvky
- Tažené trouby
- Prefabrikované trať stanice
- Septické nádrže
- a mnoho dalších prefabrikovaných prvků

Vlákna se přidávají do míchačky betonu po přidání záměsové vody a přísad a směs se musí míchat nejméně 5 minut, aby bylo zajištěno rovnoměrné rozložení vláken v betonu. Vlákna MasterFiber 401 se mohou používat v kombinaci se všemi přísadami společnosti BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.



TECHNICKÉ ÚDAJE

materiál	Polyvinylový alkohol (žlutavě bílý)
provedení	monofilní
ekvivalentní průměr	0,16–0,24 mm
délka	12 mm
poměr délky a průměru	90
konečná pevnost v tahu	790–1160 MPa
konečné poměrné prodloužení	6–12%
modul pružnosti	30 GPa
absorpce vody	nízká
hustota	1,3 g/cm ³
odolnost vůči kyselinám/zásadám	vysoká

Uvedené technické údaje jsou výsledkem statistických zjišťování a nepředstavují garantované minimální hodnoty. Pokud bude potřeba pracovat s kontrolovanými údaji, je možné je zajistit na vyžádání ve specifikacích objednávky podané technickému oddělení naší společnosti.

DÁVKOVÁNÍ

- Dávkování tohoto syntetického vlákna se může pohybovat od 15 do více než 45 kg na m³ v závislosti na konkrétních charakteristikách, které daný vlákny vyztužený beton má mít.
- Použití MasterFiber 401 jako náhrady za primární ocelovou výztuž je možné jen po předchozím posouzení statickým výpočtem.
- Vlákna poskytují řešení bez rizika koroze. Umožňují ztenčit konstrukci než v případě tradičního přístupu, pro uživatele je provedení vyztužení snadnější a méně náročné na čas, zdroje a zařízení, čímž snižuje náklady na práci a materiál.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ

- Před použitím produktu se doporučuje provést výchozí zkoušky.
- Nepoužívejte nižší ani vyšší dávkování, než které je doporučeno, aniž byste se předem poradili s technickým oddělením naší společnosti.

BALENÍ

- 8 kg papírový pytel



We create chemistry

MasterFiber 401

Konstrukční syntetické vlákno pro vyztužení vysoce a ultra vysoce odolného betonu (HPC & UPPC).

SKLADOVÁNÍ

- Materiál je velmi stabilní bez jakýchkoli předpokládaných rizik.
- Chraňte před požárem.

BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY

Dbějte důsledně pokynů uvedených v bezpečnostním listě.

POZNÁMKA

Asistence na místě stavby, pokud je poskytována, neznamená převzetí dozorové odpovědnosti.

Podrobnější informace můžete získat u místního zastoupení společnosti BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. Společnost si vyhrazuje právo určit pravou příčinu v případě jakýchkoli potíží pomocí schválených zkušebních metod.

TECHNICKÁ PODPORA

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.

Zde poskytnuté informace jsou pravdivé, představují naše nejlepší znalosti a jsou založeny nejen na laboratorních pracích, ale i na zkušenostech z terénu. Z důvodu mnoha faktorů ovlivňujících výsledky, tyto informace poskytujeme bez záruk nebo patentové odpovědnosti. Pro další informace prosím kontaktujte příslušného místního zástupce.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
e-mail: info.cz@basf.com
www.master-builders-solutions.basf.cz

Zákaznický servis (příjem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

Sídlo společnosti:
K Majovu 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

**Divize Admixture systems
(informace k produktům)**
Mobil: +420 724 755 574

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou rozdílné. V technickém listu jsou uvedeny všeobecné pokyny ke zpracování materiálu. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu pro zamýšlený účel. V případě požadavků nad rámec všeobecných pokynů je třeba si vyžádat poradenství odborných a technických poradců prodávajícího, které je poskytováno na základě žádosti kupujícího v rámci servisu zákazníků a řídí se platnými všeobecnými podmínkami prodávajícího. Prodávající neodpovídá za škodu, odchýlení se kupující při aplikaci a zabudování výrobků do stavby od technických podmínek, skladovacích podmínek, pokynů výrobce a dob jejich použitelnosti. Aktuální informace o produktech firmy, stejně jako všeobecné obchodní podmínky, jsou dostupné na adrese: www.master-builders-solutions.basf.cz.
Vydáno: srpen 2015. Novým vydáním pozbývá staré platnost.

**MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS**

TECHNICKÁ SPECIFIKACE ZBOŽÍ

Název:

VODNÍ SKLO 36/38

Charakteristika:

vodný roztok křemičitanu sodného

Ostatní názvy:

Silikát sodný; křemičitá kyselina, sodná sůl

CAS:

1344-09-8

EINECS:

215-687-4

Vzhled:

Čirá nebo slabě zakalená bezbarvá viskózní kapalina alkalické reakce

Specifikace jakosti, parametry:

Parametr	MJ	Hodnota
Molární poměr		3,2 – 3,5
Hustota	kg.m ⁻³	1320 – 1350

Další údaje:

 Obsah SiO₂ oca 25 – 28 %
 Obsah Na₂O oca 7 – 8 %

Pokyny pro skladování:

Skladujte na čistém, suchém, dobře větraném místě. Uchovávejte uzavřené. Doporučená skladovací teplota: > 5 °C

Doba expirace:

24 měsíců

Balení:

 50 l PE sudy
 200 l sudy
 1000 l nebo 600 l kontejner
 Silniční či železniční cisterna

REACH:

Látka byla registrována, registrační číslo: 01-2110448725-31-XXXX.

EURO – Šarm spol. s r. o.

Těšínská 222, 739 34 Šenov, Czech Republic

IČ: 63988186, DIČ: CZ63988186, bankovní spojení: KB Havířov, č. účtu 21507-791/0100

Tel.: +420 597 485 910, fax: +420 596 831 102, datová schránka: 9henxwv, e-mail: eurosarm@eurosarm.cz; www.eurosarm.cz

Společnost je zapsána v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Ostravě, oddíl C, vložka 38395

Společnost je držitelem certifikátu QMS dle ISO 9001 a EMS dle ISO 14001



TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.

Technical and Test Institute for Constructions Prague

Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Notifikovaná osoba, Certifikační orgán, Inspekční orgán

Accredited Test Laboratory, Authorised Body, Notified Body, Certification Body, Inspection Body

Certifikační orgán na výrobky

Pobočka 0400 – Teplice

vydává

CERTIFIKÁT

č. 040 – 025 473

na výrobek:

Normalizovaný písek

typ/varianta: **CEN, ČSN EN 196-1**

žadatel:

Filtrační písky, spol. s r. o.

IČ:	25 40 90 00
Adresa:	Chlum 117, 471 41 Dubá
Výrobna:	Chlum
IČ:	25 40 90 00
Adresa:	Chlum 117, 471 41 Dubá
Zakázka:	2040 00 0053

Certifikační orgán tímto certifikátem osvědčuje, že:

- u vzorku předmětného výrobku zjistila shodu jeho vlastností s požadavky konkretizovanými
ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti;
- výrobek odpovídá požadavkům technického předpisu - Vyhláška SÚJB č. 307/2002 So,
Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o požadavcích na radioaktivní ochranu ve znění Vyhlášky
499/2005 Sb.

Tento certifikát je vydán na základě protokolu o výsledku certifikace výrobku č. 040 - 025 473 ze
dne 16. června 2006 vydaného TZÚS Praha, s. p. - pobočkou Teplice, který se předává žadateli.
Protokol obsahuje závěry zjišťování a podmínky platnosti certifikátu.


Certifikát má 1 přílohu (1 strana), která je nedílnou součástí certifikátu.

Platnost certifikátu do **30. června 2009**.

Osoba odpovědná za správnost tohoto certifikátu:

Teplice, 16. června 2006




Ing. Karel Čmák
zastupce vedoucího certifikačního orgánu

BEZPEČNOSTNÍ LIST

BEZPEČNOSTNÍ LIST

podle Nařízení (ES) č. 1907/2006/EC (REACH), ve znění nařízení č. 453/2010/EC

Datum vydání: 8.4.2011

Datum revize: 1.6.2015

METAKŘEMIČITAN DISODNÝ BEZVODÝ**ODDÍL 1. IDENTIFIKACE LÁTKY / SMĚSI A SPOLEČNOSTI / PODNIKU****1.1 Identifikátor výrobku**

Název: Metakřemičitan disodný bezvodý
 Indexové číslo: 014-010-00-8
 Číslo CAS: 6834-92-0
 Číslo ES (EINECS): 229-912-9
 Další názvy látky: Sodium metasilicate
 Molární hmotnost: 122,06
 Molekulový vzorec: Na_2SiO_3

1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití:
analytická chemie, laboratorní syntézy**1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu**

Distributor: Ing. Petr Švec - PENTA s.r.o.
 Radiová 1122/1
 102 00 Praha 10
 IČ: 020 96 013
 Telefon: +420 226 060 681, +420 226 060 697
 Fax: +420 267 008 288
 Informace k bezpečnostnímu listu: info@pentachemicals.eu

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace:

Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2;
 tel. +420 224 919 293; +420 224 915 402 (nepřetržitá lékařská služba), e-mail: tis@vfh.cz

ODDÍL 2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI**2.1 Klasifikace látky nebo směsi**

Látka je klasifikována jako nebezpečná podle nařízení (ES) č. 1272/2008.

Skin Corr. 1B: H314

STOT SE 3: H335

2.2 Prvky označení

Výstražný symbol(y) nebezpečnosti:



Signální slovo: nebezpečí

Indexové číslo: 014-010-00-8

Standardní věty o nebezpečnosti:

H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.

H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Pokyny pro bezpečné zacházení:

P261 Zamezte vdechování prachu.

P280 Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít.

P304+P340 PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání.

P305+P351+P338 Při zasažení očí: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny, a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování.

P310 Okamžitě volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO/lékaře.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

2.3 Další nebezpečnost

Nejsou známa.

ODDÍL 3. SLOŽENÍ / INFORMACE O SLOŽKÁCH

3.1 Látky

Chemický název	Obsah v %	Indexové číslo	CAS	EINECS	Klasifikace	Koncentrační limity
Metakřemičitan sodný	min. 44 (obsah SiO ₂)	014-010-00-8	6834-92-0	229-912-9	Skin Corr. 1B; H314 STOT SE 3; H335	-

Klasifikace a znění použitých H-vět viz bod 16.

ODDÍL 4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Popis první pomoci

Nutnost okamžité lékařské pomoci: nutná v případě vážnějšího zasažení látkou

Při vdechnutí: vynést postiženého na čerstvý vzduch, vyhledat lékařskou pomoc. Pokud dojde k zástavě dýchání, provádět umělé dýchání (ne přímo z úst do úst).

Při styku s kůží: odstranit kontaminované součásti oděvu a kontaminovanou obuv. Zasažené místo omývat velkým množstvím vody. V případě přetrvávajících potíží vyhledat lékařskou pomoc.

Při styku s okem: okamžitě po zasažení vyplachovat oči velkým množstvím vody při otevřených očních víčkách (15-20 minut). Vyhledat lékařskou pomoc.

Při požití: vypláchnout ústa a vypít velké množství vody, vyhledat lékařskou pomoc.

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Dráždivé a leptavé účinky (až popáleniny), zvracení, průjem.

4.3 Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Nejsou specifické pokyny, postupovat symptomaticky.

ODDÍL 5. OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

5.1 Hasiva

Vhodná hasiva: hasiva přizpůsobit látkám skladovaným v okolí-CO₂, voda, prášek, pěna

Nevhodná hasiva: nejsou známa

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Nehořlavá látka. V případě požáru může dojít k vytváření hořlavých plynů nebo výparů.

5.3 Pokyny pro hasiče

Používat zvláštní ochranné prostředky (např. dýchací technika, protichemický oblek).

ODDÍL 6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Používat osobní ochranné prostředky - zamezit kontaktu s látkou, zamezit vytváření prachu. Nevdechovat prach. V uzavřených místnostech zajistit přívod čerstvého vzduchu.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Zabránit úniku produktu do životního prostředí, vodních zdrojů, kanalizace nebo půdy. Pokud se produkt dostal do povrchových a podzemních vod a půdy, informovat příslušné orgány zabývající se ochranou životního prostředí.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Opatrně provést mechanický úklid, shromáždit do krytých kontejnerů a nechat zlikvidovat specializovanou firmou.

6.4 Odkaz na jiné oddíly

Viz. body 8, 13 tohoto bezpečnostního listu.

ODDÍL 7. ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Používat osobní ochranné prostředky, dodržovat zásady osobní hygieny. Zabránit dlouhodobé nebo opakované expozici. Zabránit kontaktu s látkou, nevdechovat prach. Pracovat v digestoři.

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Skladovat v těsně uzavřených obalech na suchém, chladném dobře větraném místě, chráněném před světlem. Skladovací teplota max. 25 °C. Chránit před vlhkostí. Izolovat od kyselin.

7.3 Specifické konečné/ specifická konečná použití: není známo

ODDÍL 8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE / OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

8.1 Kontrolní parametry

Limitní hodnoty expozice v ČR dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.:

Přípustný expoziční limit PEL: není stanoven

Nejvyšší přípustná koncentrace NPK-P: není stanovena

Faktor přepočtu z mg/m³ na ppm (25 °C, 100 kPa): nejsou stanoveny

Limitní hodnoty EU dle směrnice Rady 98/24/ES:

Nejsou stanoveny.

8.2 Omezování expozice

Zabezpečit odsávání nebo místní větrání. Dodržovat pracovní hygienu, při práci nejíst, nepít a nekouřit.

Dodržovat bezpečnostní pokyny pro práci s chemikáliemi.

8.2.1 Vhodné technické kontroly: postupovat dle požadavků nařízení č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

8.2.2 Individuální ochranná opatření včetně osobních ochranných prostředků:

Ochrana očí a obličeje: uzavřené brýle, které jsou zabezpečeny proti prostupu prachu

Ochrana kůže: vhodný ochranný oděv, pracovní obuv

Ochrana rukou: vhodné ochranné rukavice (nitrilová pryž: tloušťka vrstvy: 0,11 mm, doba iniciace: >480 min.)

Ochrana dýchacích cest: respirátor, maska s filtrem proti prachu

8.2.3 Omezování expozice životního prostředí: zabránit kontaminaci povrchových a podzemních vod a půdy dodržováním emisních limitů

ODDÍL 9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled

Skupenství: pevné
Barva: bílá
Zápach (vůně), prahová hodnota: bez zápachu

Hodnota pH: 12,5 (10 g/l při 20 °C)

Bod (rozmezí teplot) varu (°C): není k dispozici

Bod tání /bod tuhnutí (°C): 1 090

Hořlavost: nehořlavý

Bod vzplanutí (°C): není k dispozici

Bod vznícení (°C): není k dispozici

Výbušnost: není k dispozici

meze výbušnosti: horní (% obj.): není k dispozici

dolní (% obj.): není k dispozici

Oxidační vlastnosti: nejsou

Tenze par (20 °C): hPa není k dispozici

Relativní hustota (20 °C): g/cm³ 2,61

Rozpustnost (20 °C):

ve vodě: g/l 350

v jiných rozpouštědlech: není k dispozici

Rozdělovací koeficient n-oktanol/voda: není k dispozici

Viskozita (20 °C): mPa.s není k dispozici

BEZPEČNOSTNÍ LIST

Hustota par (vzduch=1): není k dispozici
Rychlost odpařování: není k dispozici

9.2 Další informace: sypaná měrná hmotnost 950 kg/m³ při 20°C

ODDÍL 10. STÁLOST A REAKTIVITA

10.1 Reaktivita

Není k dispozici.

10.2 Chemická stabilita

Stabilní za běžných skladovacích podmínek.

10.3 Možnost nebezpečných chemických reakcí

Žádné nebezpečné reakce nejsou známy.

10.4 Podmínky, kterým je třeba zabránit

Zahřívání.

10.5 Neslučitelné materiály

Silné kyseliny, olovo, oxidy cínu, zinek, hliník.

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu

V případě požáru viz kapitola č.5 - oxidy křemíku

ODDÍL 11. TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

11.1 Informace o toxikologických účincích

Akutní toxicita:

LD₅₀, orálně, potkan (mg.kg⁻¹): 1 153

LD₅₀, dermálně, králík (mg.kg⁻¹): není k dispozici

LC₅₀, inhalačně, potkan, pro aerosoly nebo částice (mg.l⁻¹): není k dispozici

LC₅₀, inhalačně, potkan, pro plyny a páry (ppm): není k dispozici

Žíravost / dráždivost pro kůži: těžké podráždění

Vážné poškození očí / podráždění očí: oko-králík-podráždění

Senzibilizace dýchacích cest / senzibilizace kůže: nezjištěna

Mutagenita v zárodečných buňkách: neprokázána (Amesův test negativní)

Karcinogenita: nezjištěna

Toxicita pro reprodukci: nezjištěna

Toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice: může způsobit podráždění dýchacích cest

Toxicita pro specifické cílové orgány – opakovaná expozice: není klasifikována jako škodlivina

Nebezpečnost při vdechnutí: neprokázána

Informace o pravděpodobných cestách expozice:

Při vdechování: podráždění sliznic, kašel, dušnost, bolest hlavy, nevolnost

Styk s kůží: těžké poleptání - popáleniny kůže

Styk s očima: poškození oka, hrozí ztráta zraku

Při požití: zvracení, průjem

ODDÍL 12. EKOLOGICKÉ INFORMACE

12.1 Toxicita

LC₅₀, 96 hod., ryby (mg.l⁻¹): 3 185

EC₅₀, 48 hod., dafnie (mg.l⁻¹): 4 857

IC₅₀, 72 hod., řasy (mg.l⁻¹): není k dispozici

12.2 Persistence a rozložitelnost: údaje nejsou k dispozici

12.3 Bioakumulační potenciál: údaje nejsou k dispozici

12.4 Mobilita v půdě: údaje nejsou k dispozici

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB: údaje nejsou k dispozici

12.6 Jiné nepřímé účinky: škodlivý pro vodní organismy

BEZPEČNOSTNÍ LIST

ODDÍL 13. POKYNY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 Metody nakládání s odpady

Zbytky látky stejně jako oplachové vody nesmí být vypouštěny do půdy, veřejné kanalizace ani do blízkosti vodních zdrojů a vodotečí. Materiál likvidovat jako nebezpečný odpad oprávněnou firmou v souladu s platnou legislativou.

Metody zneškodňování látky nebo přípravku a znečištěného odpadu: nechat zlikvidovat specializovanou firmou v souladu s platnými předpisy (spalování). Nikdy nemíchat s jiným odpadem.

Metody likvidace znečištěného obalu: použitý, řádně vyprázdněný obal odevzdejte na sběrné místo obalových odpadů.

Právní předpisy o odpadech: zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. v platném znění a prováděcí vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů. Vyhláška č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. Vyhláška č. 376/2001 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.

ODDÍL 14. INFORMACE PRO PŘEPRAVU

ADR:

14.1 Číslo UN: 3253

14.2 Přepavní název (ADR/RID): ORTHOKŘEMIČITAN SODNÝ

14.3 Třída nebezpečnosti pro přepravu: 8

Bezpečnostní značky: 8

14.4 Obalová skupina: III

14.5 Nebezpečnost pro životní prostředí (EMS-pohotovostní plán): -

14.6 Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele: zamezit úniku do životního prostředí

Přepavní kategorie: 3

Kód omezení pro tunely: E

14.7 Hromadná přeprava podle přílohy II MARPOL 73/78 a předpisu IBC: není k dispozici

Specifické požadavky pro přepravu:

Přeprava po moři IMDG: Látka znečišťující moře: ne
EMS: F-A, S-B

ODDÍL 15. INFORMACE O PŘEDPISECH

15.1 Nařízení týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí/specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi:

Klasifikace a označení látky je v souladu s těmito nařízeními:

Nařízení REACH: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek; v platném znění

Nařízení CLP: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí; v platném znění

Národní předpisy týkající se ochrany osob nebo životního prostředí:

Nařízení vl. č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění

Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, v platném znění

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění

Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích

Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, v platném znění

15.2 Posouzení chemické bezpečnosti:

Pro tuto látku bylo provedeno posouzení chemické bezpečnosti: ne

BEZPEČNOSTNÍ LIST

ODDÍL 16. DALŠÍ INFORMACE

a) *Revize:* č.1 (4.3.2014) - v odd. 1 změna kontaktních údajů
Revize: č.2 (1.6.2015) - v odd. 2, 3 a 16 vypuštění klasifikace DSD (Dangerous Substances Directive (67/548/EEC) směrnice o nebezpečných látkách); v odd. 1 změna emailové adresy Toxikologického informačního střediska; v odd. 15 doplnění české legislativy

b) *Legenda ke zkratkám:*

CLP-nařízení č.1272/2008/ES o klasifikaci, označování a balení látek a směsí;
REACH-nařízení č.1907/2006/EC o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek.
ADR-evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí.
CAS-číslo, uvedené v seznamu Chemical abstract service
EINECS-evropský seznam existujících obchodovatelných chemických látek
LC50-smrtelná koncentrace látky, při které lze očekávat, že způsobí smrt 50% populace
LD50-smrtelná dávka látky, při které lze očekávat, že způsobí smrt 50% populace
IC50-koncentrace působící 50% blokádu
EC50-koncentrace látky, při které je zasaženo 50% populace
PBT-perzistentní, bioakumulativní a toxický; vPvB-velmi perzistentní, velmi bioakumulativní
MSDS-bezpečnostní list
RTECS-registr toxických účinků chemických látek

c) *Použitá literatura, zdroje:* firemní databáze, internet, BL výrobce, Marhold - Přehled průmyslové toxikologie, The Merck Index.

d) nejedná se o směs

e) *Kategorie nebezpečnosti, seznam kódů tříd a seznam příslušných H-vět:*

Skin Corr. 1B (=Skin corrosion, category 1B) - Žíravost pro kůži, kategorie 1B
STOT SE 3 (=Specific target organ toxicity-single exposure, category 3) - Toxicita pro specif. cílové orgány-jednorázová expozice, kategorie 3

H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.

f) *Pokyny pro školení:*

Pracovníci, kteří přicházejí do styku s nebezpečnými látkami, musí být organizací v potřebném rozsahu seznámeni s účinky těchto látek, se způsoby jak s nimi zacházet, s ochrannými opatřeními, se zásadami první pomoci, s potřebnými asanačními postupy a s postupy při likvidaci poruch a havárií.
Právnícká osoba anebo podnikající fyzická osoba, která nakládá s tímto chemickým produktem, musí být proškolená z bezpečnostních pravidel a údajů uvedenými v bezpečnostním listu.
Osoby přepravující nebezpečné látky musí být seznámeni s pokyny pro případ nehody v souladu s předpisy ADR/RID.

Údaje v tomto BEZPEČNOSTNÍM LISTU odpovídají dnešnímu stavu znalostí a vyhovují národním zákonům a směrnicím Evropského společenství.
Zákazník a zpracovatel jsou odpovědní za dodržování platných zákonných ustanovení. Tento BEZPEČNOSTNÍ LIST popisuje požadavky pro zajištění bezpečné manipulace, nepředstavuje však garanci vlastností tohoto výrobku.



Struska velmi jemně mletá

Technické parametry:

SMŠ dle PN SMŠ 72 20 90	SMŠ dle XYZ m ² /kg
Typ výrobku, příklad	SMŠ 400
Měrný povrch dle <u>Blaine</u>	$\geq 400 \text{ m}^2/\text{kg}$
	$\geq 4000 \text{ cm}^2/\text{g}$
Zbytek na síti 45 μm	$\leq 4 \%$
Index účinnosti po 7 dnech *	$> 50 \%$
Index účinnosti po 28 dnech *	$> 80 \%$
Objemová stálost dle <u>Le Chateliera</u>	$< 10 \text{ mm}$
Obsah chloridů	$\leq 0,1 \%$

* poměr (.%.) pevnosti v tlaku normalizovaných trámečků z malty připravené se 50 % hmotnosti referenčního cementu a 50 % hmotnosti SMŠ, k pevnosti v tlaku normalizovaných trámečků z malty připravené jen se samotným referenčním cementem dle ČSN EN 196-1.

Chemické vlastnosti:

Struska mletá	<u>m.j.</u>	PN 72 2090	dosahované průměrné skutečnosti
<u>CaO</u>	%	26 – 45	40,0
<u>MgO</u>	%	4 – 15	8,9
<u>SiO₂</u>	%	28 – 45	39,9
<u>Al₂O₃</u>	%	4 – 12	6,9
<u>Fe₂O₃</u>	%	$< 1,5$	0,4
<u>SO₃</u>	%	$\leq 1,5$	0,6
<u>(CaO + MgO) / SiO₂</u>	%	$> 1,0$	1,2

Objednávky, informace: KOTOUČ ŠTRAMBERK, spol. s r.o., Libotín 500, 742 66 Štramberk
tel.: 556 873 582-5 ; fax.: 556 873 581 ; e-mail : obchod@kotouc.cz

Vyhrazujeme si právo provést změny ve výrobcích, které jsou výsledkem technického pokroku. Tímto vydáním ztrácí platnost všechna starší vydání. Aktualizace 12/2013

Identifikace: 511/1

Příloha 7

Hydroxid sodný		Sodium hydroxide
NaOH	M, 40,00	
CAS: 1310-73-2		
EINECS: 215-185-5		
15760	p.a. / G.R.	1000 g
	Obsah / Assay.....	min. 98,0%
	Na ₂ CO ₃	max. 1,5%
	Cl ⁻	max. 0,002%
	SO ₄ ²⁻	max. 0,0008%
	SiO ₂	max. 0,005%
	Fe.....	max. 0,001%
	Těžké kovy / Heavy metals (Ag).....	max. 0,001%
	N celkový / N total.....	max. 0,0005%
15740	čistý / pure	1000 g
	Obsah / Assay.....	min. 97,0%
	Na ₂ CO ₃	max. 1,5%
	Cl ⁻	max. 0,008%
	SO ₄ ²⁻	max. 0,003%
	SiO ₂	max. 0,01%
	N celkový / N total.....	max. 0,001%
Klasifikace podle směrnice 67/548/EHS / Classification according to 67/548/EHS		
<div> </div>		
Živý		
R 35		
S (1/2)-26-37/39-45		
Klasifikace podle nařízení 1272/2008/ES / Classification according to 1272/2008/ES		
<div> </div>		
H 314, 290		
P 280, 310, 305+351+338		
Signální slovo: Nebezpečí / Signal word: Danger		
Klasifikace podle ADR/RID / Classification according to ADR/RID		
ADR/RID: 8/ C6/ II		
UN 1823		